

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robotiky

**Konstrukční návrh jednoúčelového automatu na
výrobu filtrů pro vstřikovací ventily**

**Mechanical design of a single-purpose machine
for manufacturing of filters for injectors**

Student:

Bc. Martin Kiszka

Vedoucí práce:

doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.

Ostrava 2015

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Kiszka**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T013 Robotika
Téma: **Konstrukční návrh jednoúčelového automatu na výrobu filtrů pro
vstřikovací ventily**
**Mechanical Design of a Single-Purpose Machine for Manufacturing of
Filters for Injectors**

Zásady pro vypracování:

- 1) Analyzujte současný stav technologií výroby miniaturních filtrů pro vstřikovací ventily zážehových motorů.
- 2) Analyzujte možnosti rozšíření automatizace těchto technologií.
- 3) Definujte požadavky na konstrukci jednoúčelového zařízení pro výrobu miniaturních filtrů.
- 4) Navrhněte několik variant řešení a pomocí hodnotové analýzy vyberte optimální variantu.
- 5) Zpracujte dokumentaci vybrané varianty, včetně potřebných výpočtů a výkresové dokumentace.
- 6) Zhodnoťte výslednou konstrukci a proveďte výpočet nákladů na realizaci.

Práci též doložte v elektronické podobě, ve formátu editoru MSWORD a konstrukční řešení v CAD systému (podle pokynů vedoucího).

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce. [online] [cit. 2013-11-07]. Dostupné z [www: <http://robot.vsb.cz/pozadavky-na-prace>](http://robot.vsb.cz/pozadavky-na-prace)
- [2] ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- [3] ISO 690. *Bibliografické citace: Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- [4] SKAŘUPA, J. *Kreativita a inovační myšlení v konstruování*. [online] 1. vyd. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007. [cit. 2013-11-07]. 230 s. ISBN 978-80-248-1717-0. Dostupné z [www: <http://robot.vsb.cz/files/resources/kreativita_a_inovace.pdf>](http://robot.vsb.cz/files/resources/kreativita_a_inovace.pdf)
- [5] SKAŘUPA, J - MOSTÝN, V. *Metody a prostředky návrhu průmyslových a servisních robotů*. 1. vydání, Košice: Edice vědecké a odborné literatury – Strojní fakulta TU v Košicích, 2002. s 190. ISBN 80-88622-55-0
- [6] BURKOVIČ, Jan. *Navrhování RTP*. [online]. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Strojní fakulta, 2002 [cit. 2012-11-07]. 112 s. ISBN 80-248-0217-1. Dostupné z [www: <http://robot.vsb.cz/file.php/navrhovani-rtp.pdf>](http://robot.vsb.cz/file.php/navrhovani-rtp.pdf)

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Zdeněk Konečný, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015

prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 18. 5. 2015

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, ve znění pozdějších předpisů, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3 autorského zákona).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 18. 5. 2015

.....
podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Martin Kiszka

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Myslivecká 1628

735 32 Rychvald

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KISZKA, M. *Konstrukční návrh jednoúčelového automatu na výrobu filtrů pro vstřikovací ventily: diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky, 2015, 81 s. Vedoucí práce: KONEČNÝ, Z.

Diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem jednoúčelového stroje pro výrobu miniaturních filtrů s plastovou sítí a kovovým prstencem. Tyto filtry jsou používány k filtraci paliva přiváděného do vstřikovacích ventilů zážehových motorů. Dle požadavků na způsob a objem výroby jsou navrženy varianty řešení, z nichž nejoptimálnější je dále detailně zpracována. Následně je podrobně popsána konstrukce stroje, použité pohony, manipulátory, navržené efekторы a finální pracovní cyklus. Nakonec je práce podložena výpočty a cenovou kalkulací. 3D modely a výkresy byly vytvořeny v pracovním prostředí programu Solidworks® 2014.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

KISZKA, M. *Mechanical Design of a Single-Purpose Machine for Manufacturing of Filters for Injectors: Master Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2015, 81 p. Thesis head: KONEČNÝ, Z.

Master thesis deals with construction design of single-purpose machine for production of the miniature filters with plastic mesh and metal ring. These filters are used for filtration of fuel in injection valves for petrol engines. According to requirements for production method and volume, the variants of solution are designed, from which the most optimum design is developed in detail. Subsequently is described in detail the construction of machine, used drives, manipulators, designed efectors and duty cycle. Finally, the thesis is supported by calculations and the price calculation. 3D models and drawings were created in the working environment of Solidworks® 2014.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	10
Seznam použitých zkratk	10
0. Úvod	11
1. Rešerše	13
1.1. Automatizace výroby	13
1.2. Vstřikování plastů	16
1.3. Současný stav	18
2. Požadavkový list	20
3. Navržené varianty řešení	23
3.1. Varianta A	23
3.2. Varianta B	28
4. Volba optimální varianty	34
4.1. Posuzovaná kritéria	34
4.2. Váha významnosti kritérií	34
4.3. Hodnocení kritérií	34
4.4. Udělené hodnocení kritérií	35
4.5. Vážený index kritérií a zhodnocení	35
5. Konstrukční řešení	36
5.1. Původní stav	36
5.2. Vstřikovací lis	36
5.3. Odebírání odpadu	37
5.4. Příprava kroužků	42
5.5. Manipulátor pro odběr filtrů	45
5.6. Efektor pro odběr filtrů a nasazování kroužků	46
5.7. Kamerová kontrola	48
5.8. Skluzy a zásobníky vyrobených dílů	49

5.9. Pálení filtračních sítí	51
5.10. Překládání sítí na formu	57
5.11. Rám stroje	60
5.12. Potřebné příslušenství automatu	61
5.13. Průběh pracovního cyklu.....	63
6. Výpočty a dimenzování vybraných pohonů	66
6.1. Kontrola zatížení miniaturního aktuátoru RCD-RA1D	66
6.2. Kontrola zatížení rotačních jednotek DES140	66
6.3. Kontrola zatížení translačních jednotek LSX25-100	67
6.4. Dimenzování podružných pohonů v praxi	68
7. Cenová kalkulace	69
8. Závěr	71
9. Seznam použité literatury a zdrojů	73
10. Seznam obrázků.....	77
11. Seznam tabulek	81
12. Seznam příloh	81

Seznam použitých značek a symbolů

Značení	Název	Jednotka
F_{SKEL}	Tíhová síla skeletu pálení	[N]
J	Moment setrvačnosti překládacího zařízení	[kg.m ²]
L_X	Vzdálenost těžiště od osy rotace ve směru x	[m]
L_Y	Vzdálenost těžiště od osy rotace ve směru y	[m]
M_g	Moment způsobený gravitační silou	[Nm]
M_J	Moment způsobený setrvačností	[Nm]
M_{OHYB}	Ohybový moment působící na jezdec	[Nm]
M_{ROTACE}	Potřebný moment rotační jednotky	[Nm]
g	Tíhové zrychlení	[m/s ²]
k	Koeficient bezpečnosti	[-]
l	Délka vyložení jezdce	[m]
m	Hmotnost břemene	[kg]
ε	Maximální zrychlení rotační jednotky	[rad/s ²]

Seznam použitých zkratek

KVZ	Kruhový vibrační zásobník / podavač
ST	Polovina formy - strana trysky
SV	Polovina formy - strana vyhazovače

0. Úvod

Výrobci osobních automobilů platí již řadu let za inovátory v zavádění nových technologií, bezpečnostních a ergonomických prvků s širokým spektrem použití (i mimo odvětví) a v neposlední řadě i za náročné zákazníky v oblasti automatizace. Moderní automobily jsou ve své komplexnosti a propracovanosti impozantním kusem techniky, který reflektuje neustálý vývoj širokého spektra průmyslových odvětví, prohlubování spolupráce napříč různými obory a aplikování nových postupů při návrhu a testování.



Obr. 0.1 - náhled pod karosérii automobilu [10]

S technologickým postupem jde ruku v ruce i komplikovanost jednotlivých částí automobilu, které nabízejí větší odolnost a vyšší užité vlastnosti, ovšem často se zvýšenými nároky na jednotlivé komponenty a řídicí prvky, včetně nutnosti použití nových, inovovaných nebo neobvyklých prvků.

Jedním z nich jsou miniaturní filtry, které zcela skrytě a bez povšimnutí pracují v kriticky důležitých systémech všech moderních automobilů. Zmíňme například filtry v brzdovém systému (především v blízkosti ABS jednotky a rozvodech pro každé kolo), v posilovačích řízení, v palivovém systému (pro benzinové i dieselové motory; montované v čerpadlech, railech nebo před vstřikovači), v automatických převodovkách, v hydraulických systémech pro ovládání prvků aktivní aerodynamiky nebo dokonce v prvcích ostřikování skel.



Obr. 0.2 - příklad miniaturních filtrů [31]

Právě zvyšující se nároky na kvalitu filtrace médií v těchto systémech zvedají poptávku po kvalitních a levných filtrech, včetně strojů určených na jejich výrobu. Manuální nebo poloautomatické výrobní linky jsou kvůli zvyšování mzdových nákladů neekonomické a při skokovém navyšování objemu výroby i náročné na volné výrobní prostory.

Z těchto důvodů se jako ideální jeví plně automatizované zařízení, které s minimálními náklady, zastavěným prostorem a bez závislosti na lidském faktoru dokáže produkovat velký objem výrobků, včetně prvotní optické kontroly vyrobených kusů. Kontrola a vyřazení neshodných dílů ještě před přísnou optickou kontrolou každého kusu pod mikroskopem dále šetří čas a náklady nutné na dodání finálního výrobku zákazníkovi.



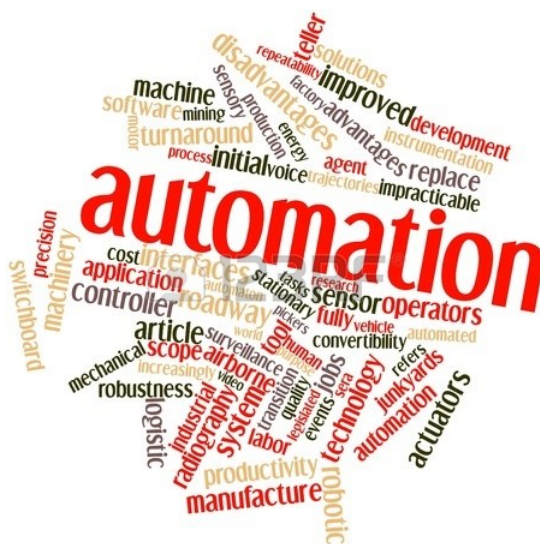
Obr. 0.3 - příklad miniaturních filtrů [31]

Tato práce si klade za úkol popsat návrh a provedení jednoúčelového automatu právě pro tyto účely, kdy je pouze za přístupu vstupních materiálů zajištěna produkce, kontrola a roztřídění výrobků bez jakéhokoliv podílu ruční práce. Dedikované zařízení tohoto typu je navíc jednoduché vyrobit ve více kusech a tím lineárně navyšovat objem produkce.

1. Rešerše

1.1. Automatizace výroby

Automatizace výroby je racionálním krokem ke kvalitnějšímu a levnějšímu výrobkům, který potlačuje chyby způsobené lidským faktorem, odstraňuje namáhavé a monotónní operace zaměstnanců, zkracuje výrobní časy, a tím navyšuje objem výroby.



Obr. 1.1 - význam automatizace [8]

Částečnou automatizací můžeme urychlit již stávající procesy a linky, zajistit správné načasování jednotlivých kroků výroby a tím stabilizovat objem vyrobených produktů. V těchto provozech je nutná přítomnost lidské obsluhy, která je součástí výrobního procesu. Za podobným účelem se provádí i modernizace starších strojů (např. obráběcích či tvářecích), které již nesplňují požadavky na obsluhu, bezpečnost a návaznost procesů, ale jejich úplné nahrazení moderními zařízeními je ekonomicky nevýhodné.

Plně automatizované linky a pracoviště naopak vyžadují minimální zásah obsluhy, tok materiálu je plynulý a dosahují vysoké kvantity výroby, ovšem jejich přeorientování na jiný druh operace nebo výrobku je složité.



Obr. 1.2 - částečně automatizovaná linka pro výrobu motorů [43]

Oba výše uvedené modely často doplňují pracoviště nebo výrobní úseky vybavené hotovými manipulátory a průmyslovými roboty, které usnadňují konstrukční návrh projektu a zkracují dobu realizace díky široké nabídce hotových řešení, s nimiž odpadá nutnost samostatného návrhu mechanických komponent, jejich výroba a následné vybavení pohony a jejich oživení. Robotizovaná pracoviště jsou ovšem snadno modifikovatelná a mohou tedy být pevnou součástí výrobní linky stejně jako dedikované buňky pro pružnou výrobu kusových nebo hromadných dílů.



Obr. 1.3 - plně automatizovaná linka pro svařování karosérii [36]

Společným jmenovatelem, který často stojí na pomezí všech těchto řešení, jsou jednoúčelové automaty, které jsou navrhovány pro specializované operace. Mohou být plně automatizované nebo s lidskou obsluhou, volně stojící s ručním přísunem materiálu nebo zabudované do automatizované linky. Osvědčenou konstrukcí je také kombinace několika takovýchto strojů vzájemně propojených pomocí dopravníků a průmyslových robotů, které se starají o plynulý tok a orientaci materiálů či výrobků. Právě spojením více jednoúčelových automatů a periférií vznikají základy výrobních a technologických linek.

Jednoúčelové automaty nejsou přímo robotickým pracovištěm, o pohybové operace se starají elektrické, pneumatické nebo hydraulické pohony a manipulátory do 3 stupňů volnosti, které jsou navrženy ke konkrétnímu účelu a nedají se snadno modifikovat pro jinou činnost nebo pohyb. Jejich výhodou je ale optimální dimenzování a rychlosti, které neomezují navazující operace automatu.

Jednoúčelové automaty mohou vykonávat montážní nebo výrobní operaci/operace. Vždy záleží na požadavcích zákazníka a technologické náročnosti řešení. Výrobou těchto zařízení se většinou zabývají specializované firmy, které spolupracují se zadavatelem na správné implementaci jednoúčelového automatu do výrobního celku a jeho následném odladění. Ani u renomovaných firem není vždy jistá 100% funkčnost dodaných zařízení a nezřídka jsou nutné dodatečné úpravy.

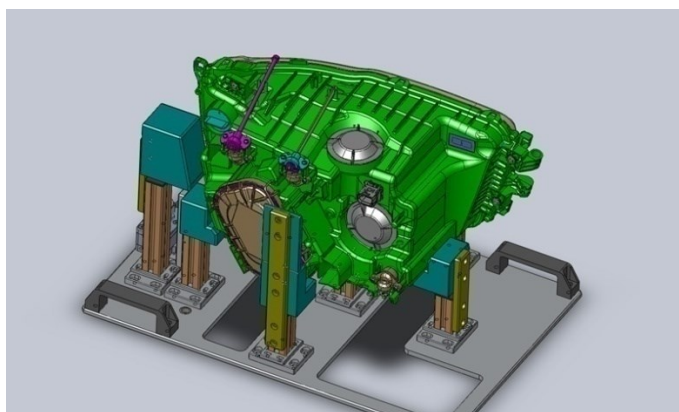


Obr. 1.4 - příklad jednoúčelového automatu [7]

Ačkoliv jsou jednoúčelové automaty navrhovány a nasazeny v široké škále aplikací pro potravinářský, farmaceutický, dřevozpracující, elektrotechnický nebo oděvní průmysl a různá montážní pracoviště (zpravidla malých a přesných součástí), jejich největší vývoj a oblast nasazení je zaznamenán v souvislosti s automobilovým průmyslem. Moderní automobily se skládají z tisíců součástek, přičemž od každé se očekává vysoká kvalita, odolnost a dokonalé zpracování v souvislosti s montáží do větších celků.

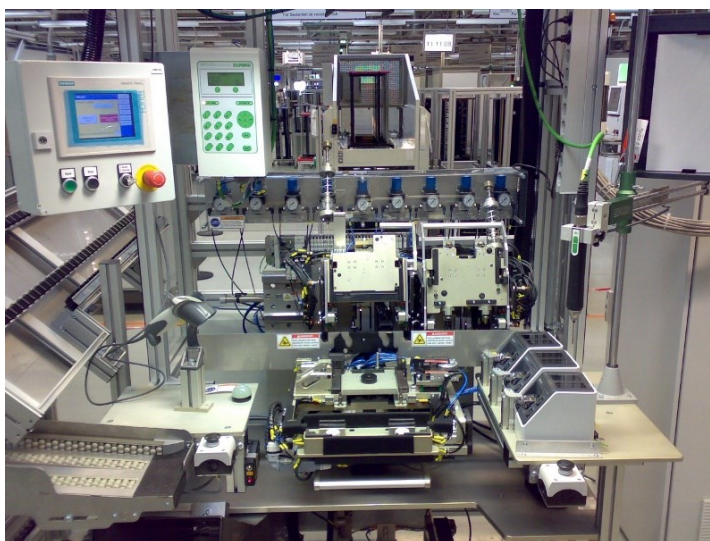
Příkladem může být výroba světlometů, kdy několik subdodavatelů dodává desítky dílů pro montáž světla, které jsou po kompletaci a otestování u dodavatele dodány zákazníkovi, tedy automobilce. Každý díl, ať už vstřikovaný, povrchově upravovaný nebo kovový, musí přesně zapadat do ostatních komponent, nesmí vznikat vůle, přestřiky nebo

nevzhledné povrchy a celek musí splňovat vysoké standardy a normy na vzhled, funkčnost, teplotní a světelnou stálost a voděodolnost.



Obr. 1.5 - příklad palety jednoúčelového stroje pro kontrolu světlometů [26]

Pro každý světlomet jsou v rámci subdodavatelské sítě použity desítky jednoúčelových strojů pro výrobu jednotlivých dílů, jejich optickou a mechanickou kontrolu, dále montážní zařízení, balící nebo paletizační zařízení pro transport dílů k dodavateli vyšší úrovně a v neposlední řadě také kompletační pracoviště a testery hotových světel (především svítivosti a paropropustnosti).



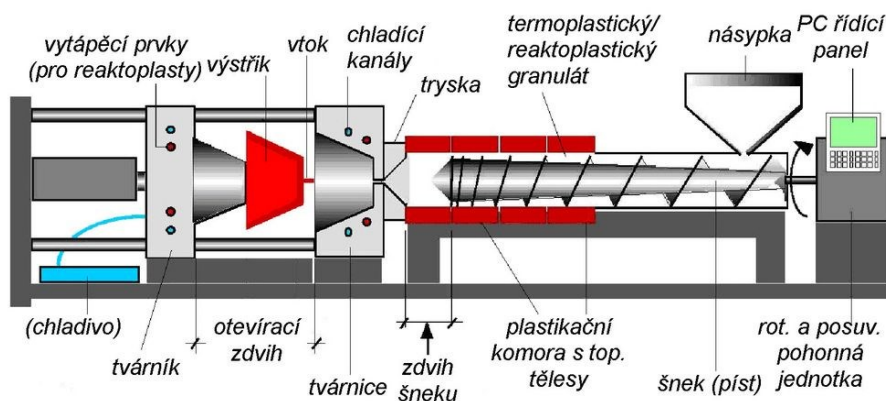
Obr. 1.6 - příklad montážního jednoúčelového stroje zařazeného v lince [14]

Navrhovaný automat také cílí do automobilového průmyslu, konkrétně do výrobní linky zaměřené na vstřikování plastových dílců a miniaturních filtrů.

1.2. Vstřikování plastů

Vstřikování plastů je termodynamický tvářecí proces, při kterém jsou plastické hmoty ve formě granulátu nataveny a vysokým tlakem vstříknuty do formy. Technologie

vstřikování je nejrozšířenější technologií na zpracování plastů, takto lze zpracovávat téměř všechny druhy termoplastů a v omezené míře i některé reaktoplasty a kaučuky.



Obr. 1.7 - schéma vstřikovacího stroje [35]

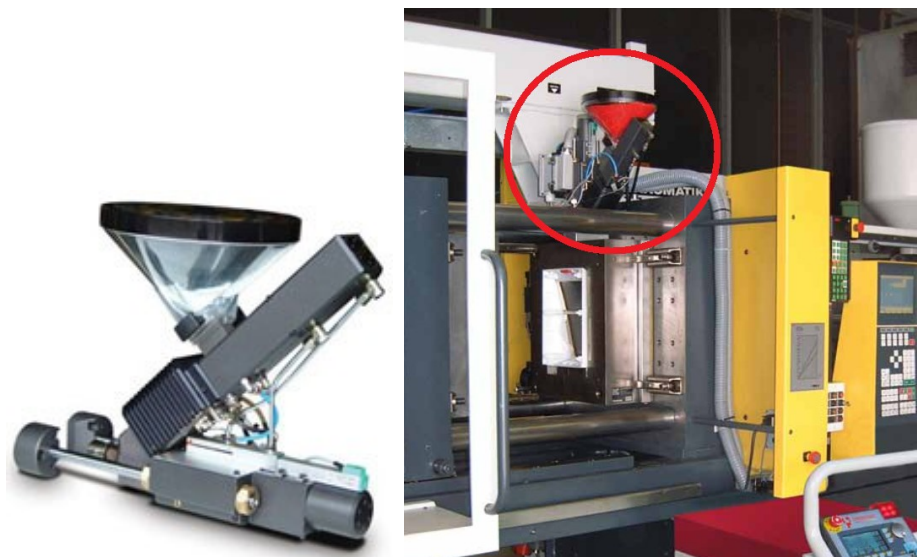
Postup vstřikování je následující: plast v podobě granulí je nasypán do násypky, z níž je odebírán šnekem, který hmotu dopravuje do tavicí komory, kde za současného účinku tření a elektrického vyhřívání plast taje a vzniká tavenina. Tavenina je následně vstřikována do dutiny formy, kterou zcela zaplní a zaujme její tvar. Následuje tlaková fáze, tzv. dotlak, pro snížení smrštění a rozměrových změn. Plast předává teplo formě, která je temperována cirkulující kapalinou (nejčastěji voda nebo olej) a ochlazováním ztuhne ve finální výrobek. Poté se forma otevře a výrobek je vyhozen. Po zavření formy se celý cyklus opakuje.

Pro vstřikování plastů se nejčastěji využívají vstřikovací lisы renomovaných výrobců, které jsou vyráběny v různých velikostech a uspořádáních (horizontální, vertikální). Tato zařízení vyrábějí firmy jako Arburg, Engel, Wittmann Battenfeld a další.



Obr. 1.8 - vstřikovací lis Arburg Allrounder 570C [42]

V menší míře se využívají samostatné vstřikovací jednotky, které se montují přímo na formy umístěné ve vstřikovacím lisu pro více komponentní vstřikování (např. dvoubarevné díly nebo součásti z různých materiálů) jako sekundární přívod taveniny.



Obr. 1.9 - vstřikovací jednotka Babyplast pro více komponentní vstřikování [9]

Další možností je využití samostatné vstřikovací jednotky jako základu pro vlastní výrobní zařízení na plastové díly nebo pro vstřikování barevných log, ovládacích prvků, gumových hran nebo násad na kovové díly.



Obr. 1.10 - plně elektrická vstřikovací jednotka E-Multi [12]

1.3. Současný stav

V současnosti je velká část miniaturních filtrů cylindrického nebo kónického tvaru vyráběna s vysokým podílem ruční práce. Je to dáno především složitým nasazováním částí filtrů do vstřikovacích forem, které ovšem prodlužuje časy mezi cykly vstřikování na nestandardně dlouhé. Od toho se odvíjí problémy s degradací plastu ve šnečích vstřikovacích jednotkách, kdy je granulát kvůli nízké spotřebě plastu a delším cyklům dlouho vystaven vyšším teplotám. Z toho důvodu jsou formy pro výrobu takových dílů zpravidla menších rozměrů a tudíž používány ve vstřikovacích lisech malých rozměrů, které pracují s menším objemem plastu ve šneku.



Obr. 1.11- příklad filtrů cylindrického a kónického tvaru [31]

Při výrobě filtrů diskového tvaru se síť na čele je situace opačná. Správně navržená forma je schopna sama vystřihnout z pruhu sítě kroužek a následně zastříknout filtr. Pro pohyb střižníků využívá pouze posuvu beranu při otevírání a zavírání formy. Jediné přídatné zařízení je odvíjení sítě, které postupně protahuje síť z cívek přes formu a navíjí odpadní pruh sítě na válec. Z tohoto důvodu jsou hojně používány malé i velké formy v horizontálních vstřikovacích lisech, které pracují s krátkými cykly.



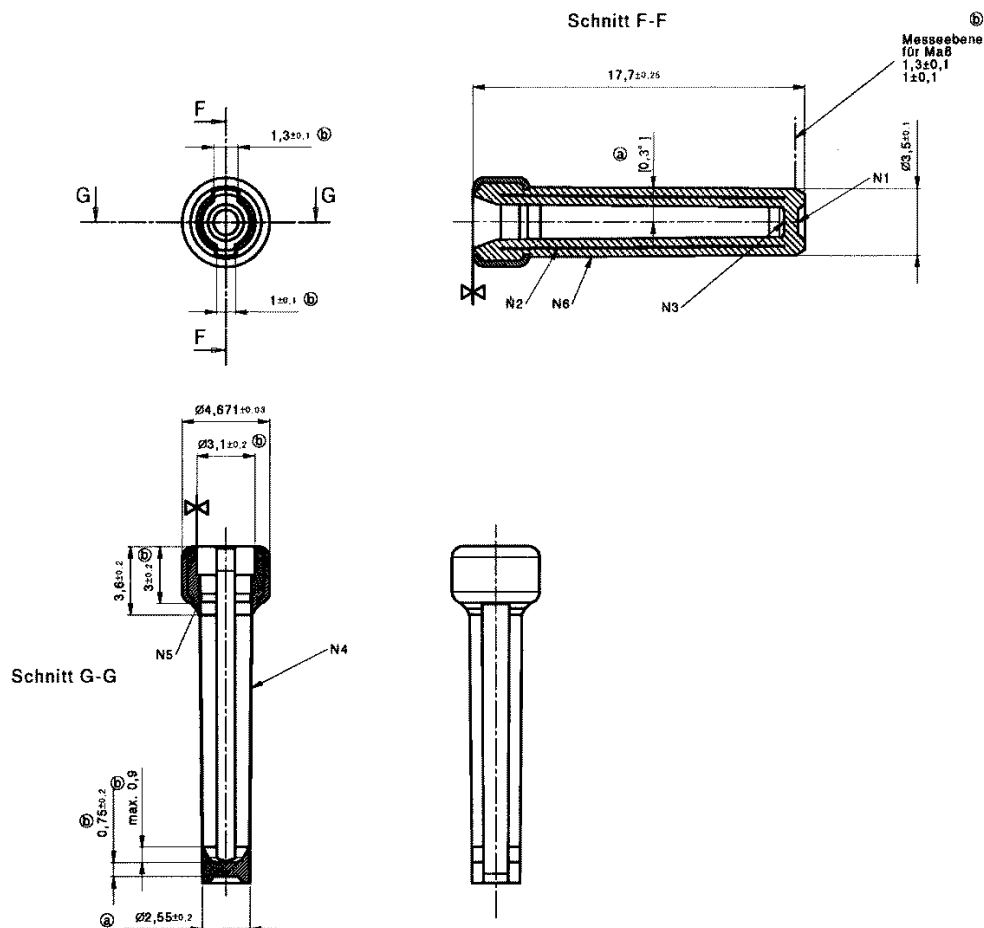
Obr. 1.12 - příklad filtrů diskového tvaru [31]

Cíl je tedy kladen na postupnou automatizaci výroby filtrů kónických tvarů, které jsou často osazeny kovovými kroužky či prstenci z nerezové oceli nebo mosazi. Ty jsou využívány k přesnému zalisování filtru do požadovaného místa v různých systémech automobilů.

Hlavní hnací silou pro rychlé rozšíření výrobních strojů pro tyto typy filtrů jsou stále se zvyšující nároky automobilek a konkurenční boj dodavatelů, kteří si tyto filtry oblíbili. Výsledkem jsou rostoucí podíly objednávek na tyto filtry, které vynikají dobrým poměrem velikosti, užitných vlastností, složitosti montáže a ceny.

2. Požadavkový list

Navrhovaný jednoúčelový stroj je koncipován pro výrobu specifického filtru s plastovou filtrační sítí (velikost oka 50 μ m) a nerezovým kroužkem. Tento filtr je určen k montáži zalisováním do vstřikovacích ventilů zážehových spalovacích motorů.



Obr. 2.1 - rozměry vyráběného filtru

Samotné rozměry filtru jsou i na poměry plastových dílů malé a s velkými nároky na přesnost, nicméně stále dle zvyklostí v automobilovém průmyslu. Průměr kovového kroužku je 4,67 mm, délka filtru 17,7 mm a šířka žebířů 1,3 mm. Vstřikovaným materiálem je Polyamid 66 černé barvy s 13% příměsí skelných vláken.

Vstřikovací formu je možno navrhnout zcela novou, případně lze využít rámy a desky ze starších forem na již nevyráběné (ale podobné) filtry a nahradit pouze tvarové vložky. V obou případech je nutná certifikace formy zákazníkem, která poté zůstává jeho majetkem. Forma je tedy zapůjčena do užívání plastikářskému výrobnímu závodu, který je zavázán formu udržovat, vhodně skladovat, zajišťovat náhradní díly a každý zásah do tvarových vložek oznámit a diskutovat se zákazníkem.



Obr. 2.2 - vyráběný filtr v porovnání s mincí

S ohledem na charakter zařízení, dosavadní způsob výroby a nároky na objem produkce byl sestaven následující požadavkový list.

#	Požadavek	Hodnota
1	Požadovaný objem produkce	1200 ks/hod
2	Způsob podávání sítě	Trubice navinutá na kotoučích
3	Způsob podávání kroužků	Volně sypané
4	Způsob třídění výstupních filtrů	Dle kavity, shodné/neshodné
5	Způsob paletizace výstupních filtrů	Volně v zásobnících
6	Maximální rozměry pracoviště	5 000 × 3 500 mm
7	Intervaly obsluhy/údržby	Min. 2 hodiny chodu
8	Rozpočet	140 000,- €

Tab. 2.1 - požadavkový list

Nejvyšší nárok je kladen na objem produkce, kdy je potřeba při 3-směnném provozu s potřebnými přestávkami na doplnění vstupních materiálů a intervaly pro údržbu stroje a forem uspokojit objednávky zákazníka. Skladové zásoby dílů v montovnách jsou při produkci automobilů velmi malé. U menších součástek je zajištěna produkce v řádech dnů až týdnů, u větších celků jen v jednotkách hodin.

Objednané díly jsou v tomto případě odesílány 1× týdně v objemu 80,000 kusů. Je nutno počítat kromě přestávek stroje i s určitou mírou zmetkovitosti a rezervou v případě náhle poruchy (zpravidla nutnost výměny tvarových vložek formy).

Plastová síť je předem zpracována do formy trubice, která je poté navinuta na cívku (princip přípravy sítě je popsán v kapitole 5.9. *Pálení filtračních sítí*). Nerezové kroužky jsou dodávány v plastových sáčcích po 5,000 kusech. Stroj by měl provést

počáteční kamerovou kontrolu vyrobených filtrů a oddělit zmetky od shodných kusů pro urychlení následné 100% optické kontroly.

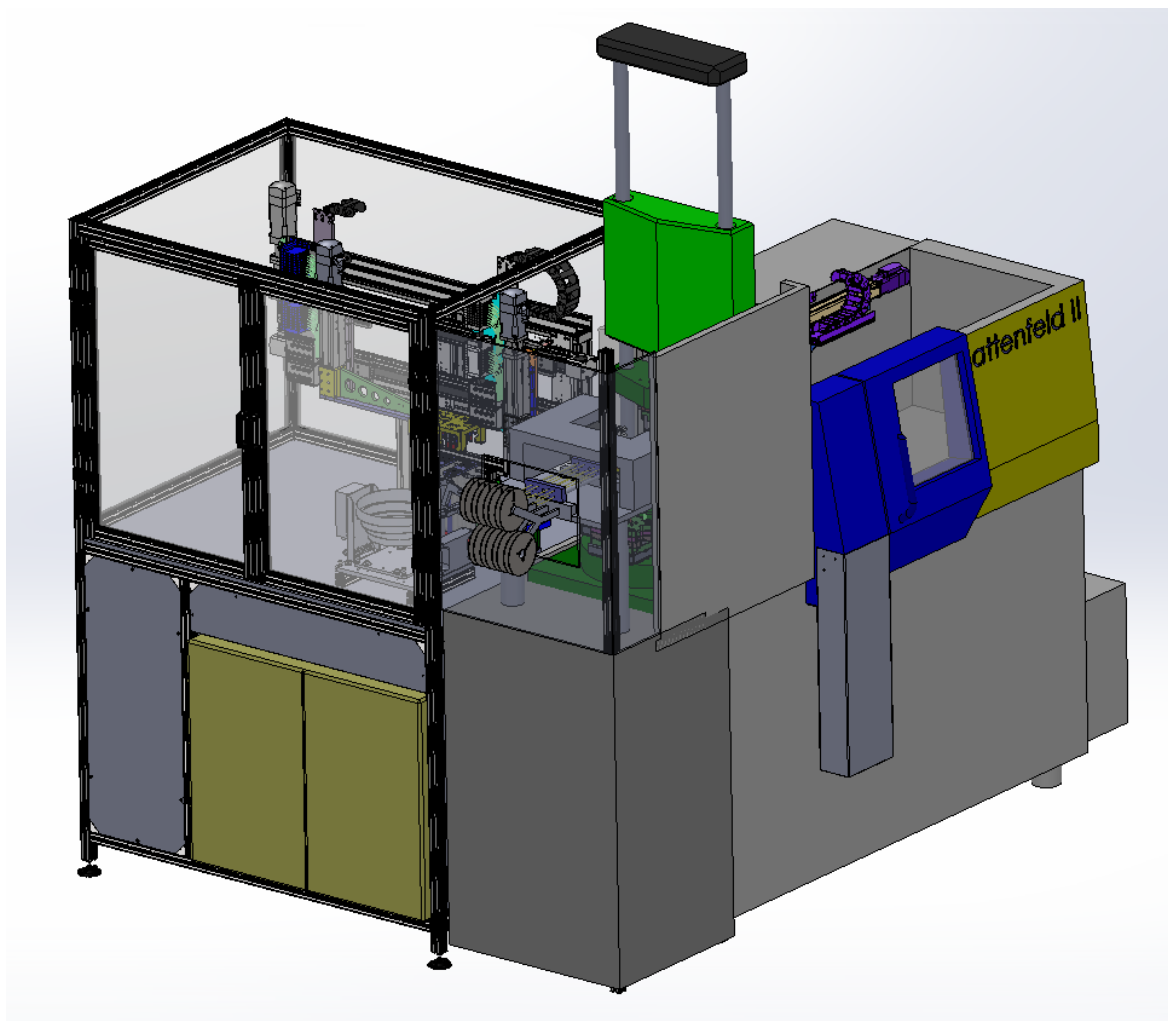
Zařízení by mělo být schopno pracovat alespoň 2 hodiny bez nutnosti zastavení a doplnění vstupních materiálů.

Před odesláním hotových výrobků zákazníkovi jsou navíc všechny filtry podrobeny 100% kontrole pod mikroskopem, přičemž jsou vyřazeny všechny díly, které nesplňují přísná kritéria zákazníka (přestřiky, nedolitá síť, rozměry mimo toleranci, spáleniny, uvolněná vlákna sítě atd.)

3. Navržené varianty řešení

3.1. Varianta A

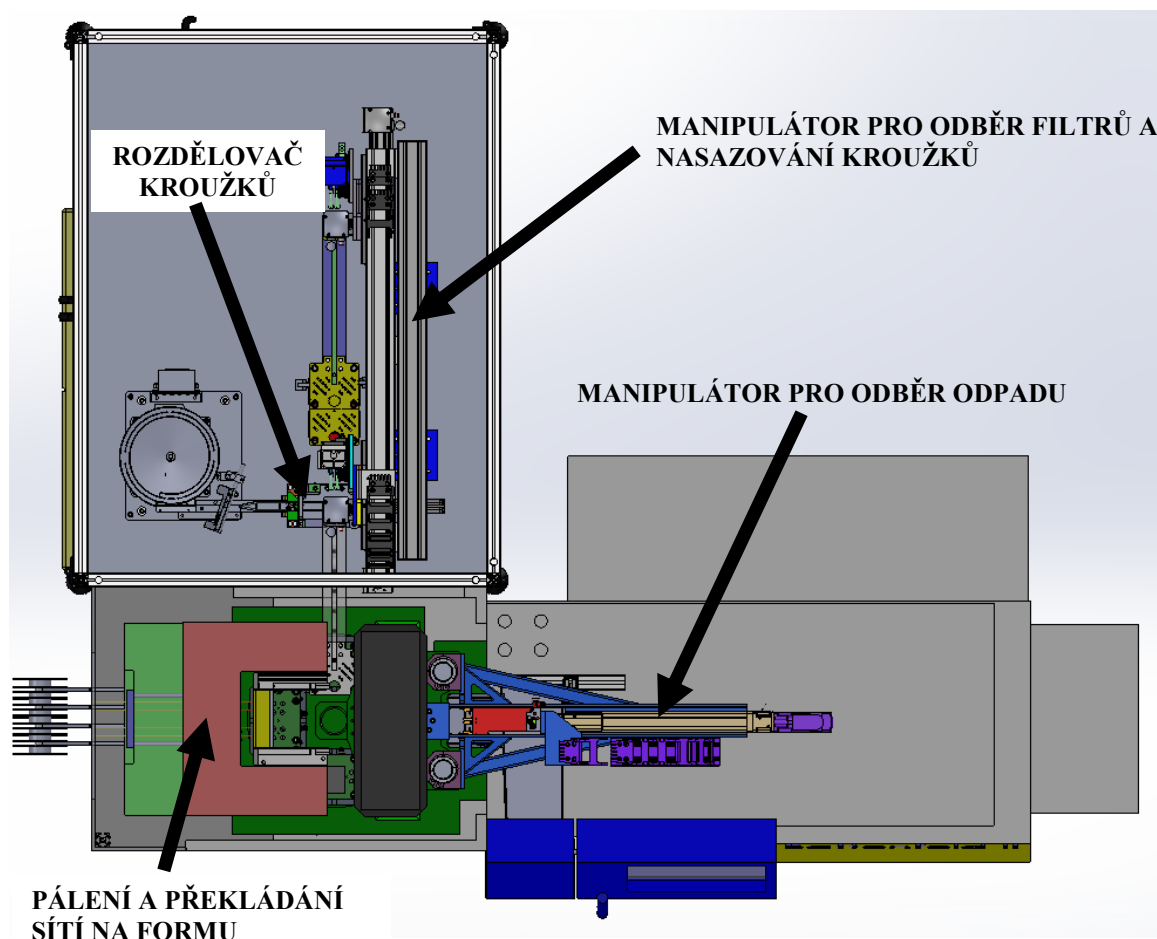
Základ tvoří repasovaný vertikální vstřikovací lis Battenfeld BA230V/050V-R, který je vybaven otočným stolem pro 4 formy - přesněji pro 4 poloviny formy na straně vyhazovače (SV) a jednu polovinu na straně trysky (ST), která je upevněna na pohyblivém beranu.



Obr. 3.1 - varianta A

Použitá forma je osmi násobná s cylindrickými tvarovými vložkami na straně trysky, přičemž studený vtokový kanál se nachází mimo dělicí rovinu formy, a je tudíž nutné po otevření formy vtokovou soustavu vytáhnout zvlášť z prostoru mezi horními deskami nad tvarovými vložkami. Samotné uvolnění vtokové soustavy (resp. odpadu) je prováděno dvojicí pneumatických pístů. Trny, na které se nasazuje nerezový kroužek a plastová síť se nacházejí na SV. Vyhazování dílů je řešeno stírací deskou, která uvolní filtry z trnů a přesune je do vhodné výšky pro následný odběr.

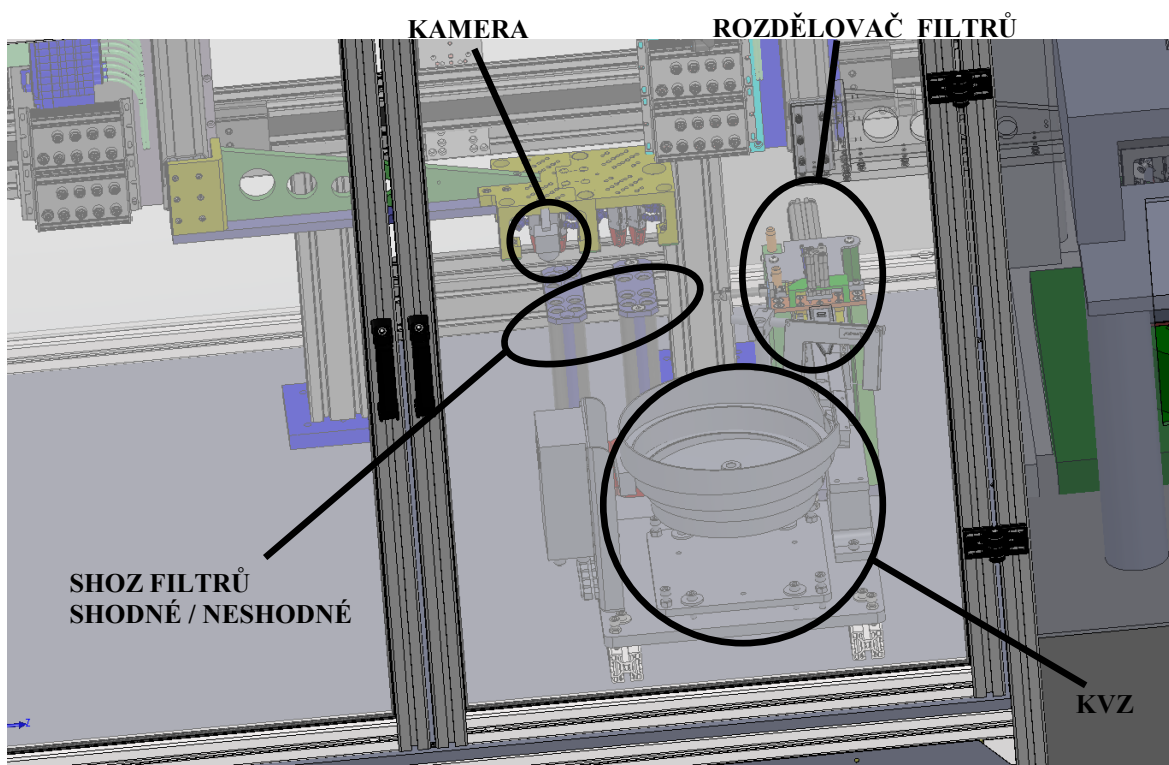
O odběr hotových kusů a nasazování kroužků se stará dvouosý lineární manipulátor Festo doplněný vhodným efektem. Kovové kroužky jsou připravovány do potřebných roztečí pomocí rozdělovače kroužků, a je tak zajištěn jejich správný odběr efektem. Samotné kroužky jsou k rozdělovači dopravovány pomocí kruhového vibračního zásobníku doplněného o lineární vibrační dopravník.



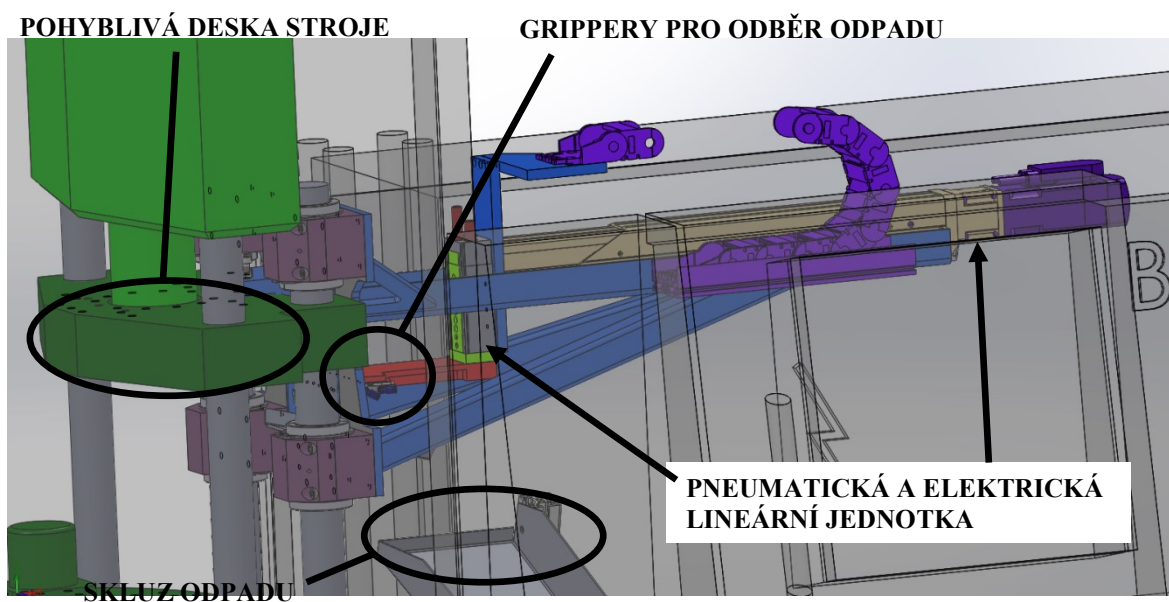
Obr. 3.2 - varianta A - půdorys

K odebírání odpadu je použit dvouosý manipulátor založený na elektrické lineární jednotce s pohybovým šroubem a malé pneumatické lineární jednotce s nastavitelnými dorazy. Tento manipulátor je připevněn k beranu vstřikovacího lisu a využívá i jeho vodící tyče. Manipulátor se tak pohybuje společně s formou ST. Odpad je skluzem a tunelem vyveden mimo stroj do připravené bedny.

Odebírané filtry jsou nejprve zkontrolovány dvojicí kamer, které jsou umístěny na odebíracím efektoru a poté přeneseny nad shoz pro shodné a neshodné díly. Shodné kusy putují odděleně do průhledných zásobníků (pro každou kavitu jeden zásobník) a neshodné kusy padají do společné bedny.



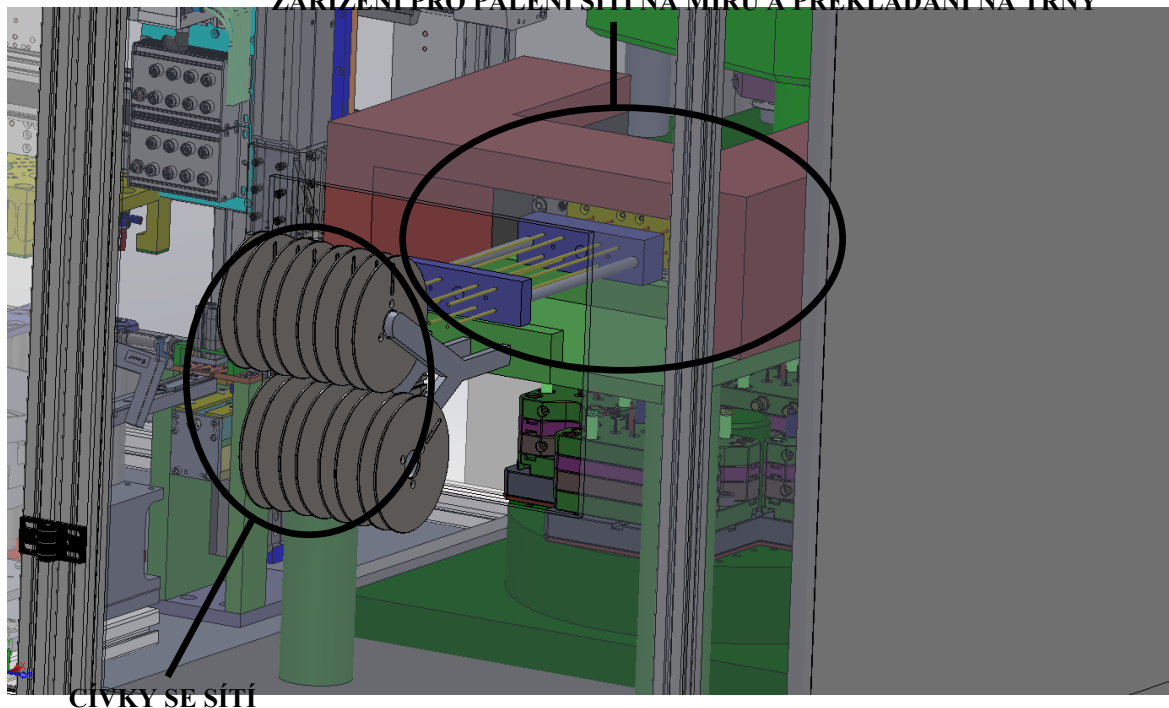
Obr. 3.3 - varianta A - skluzu filtrů, příprava kroužků



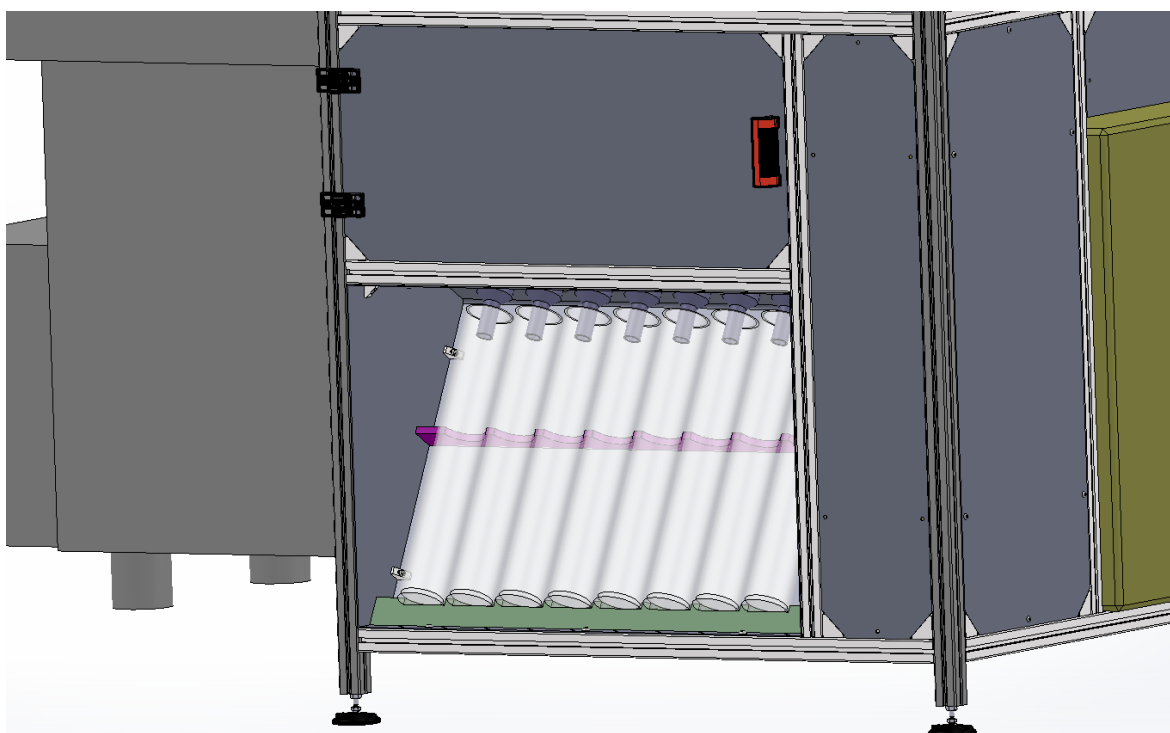
Obr. 3.4 - varianta A - manipulátor pro odběr odpadu

Důležitým prvkem celého zařízení je systém pro pálení a překládání filtračních sítí. Sítě jsou navinuty na cívkách již ve formě trubice, podávací systém nasune trubice na kolíky překládací hlavy a rozžhavený odporový drát sítě ve správné poloze odřízne. Následně je překládací hlava natočena nad formu ST a stírací prvky přesunou sítě na trny formy.

ZAŘÍZENÍ PRO PÁLENÍ SÍTÍ NA MÍRU A PŘEKLÁDÁNÍ NA TRNY



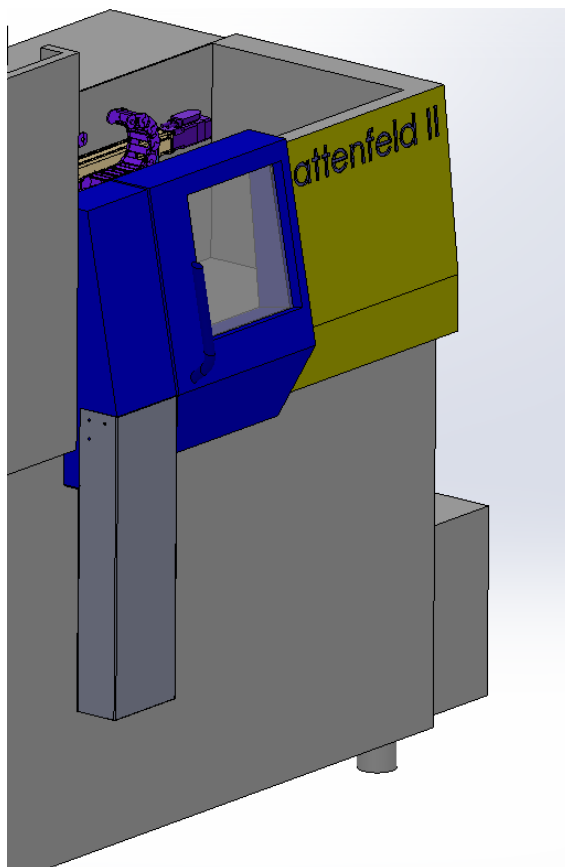
Obr. 3.5 - varianta A - pálení a překládání sítí



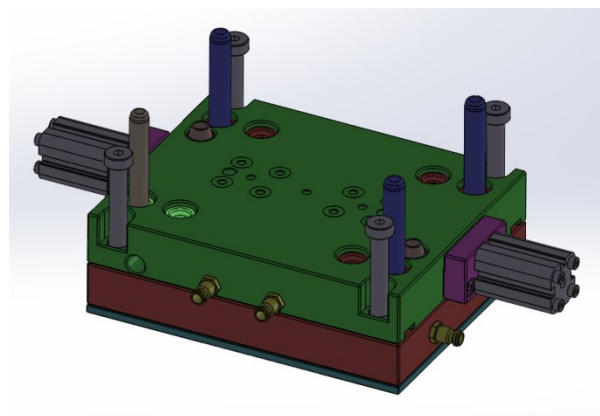
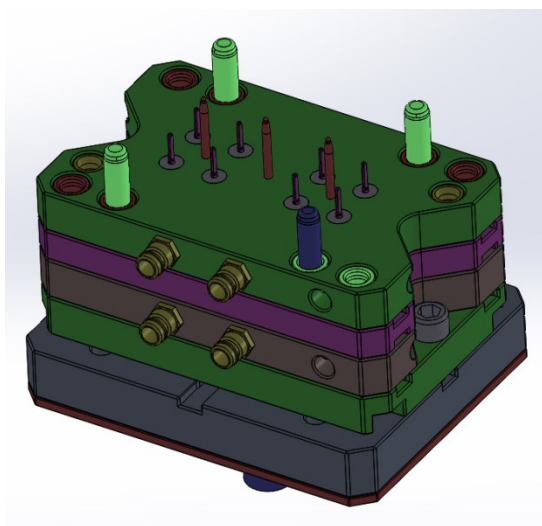
Obr. 3.6 - varianta A - zásobníky shodných dílů

Cyklus stroje začíná odebráním nerezových kroužků efektořem z rozdělovače kroužků a jejich nasazením na formu. Po otočení formy o jednu pozici jsou přeloženy na trny překládací hlavou již připravené sítě. V tomto stavu je forma ponechána bez zásahu na třetí pozici. Na čtvrté pozici dojde k zavření a zastříknutí formy. Po jejím následném otevření je zadním manipulátorem odebrán odpad z prostoru horních desek a forma se opět

pootáčí do první polohy. Zde jsou díly zkontrolovány kamerou a odebrány efektořem, který záhy umístí na formu nové kroužky. Nakonec jsou hotové filtry rozřazeny a příslušnými trubicemi dopraveny do odpovídajících zásobníků.



Obr. 3.7 - varianta A - Tunel odvodu odpadu

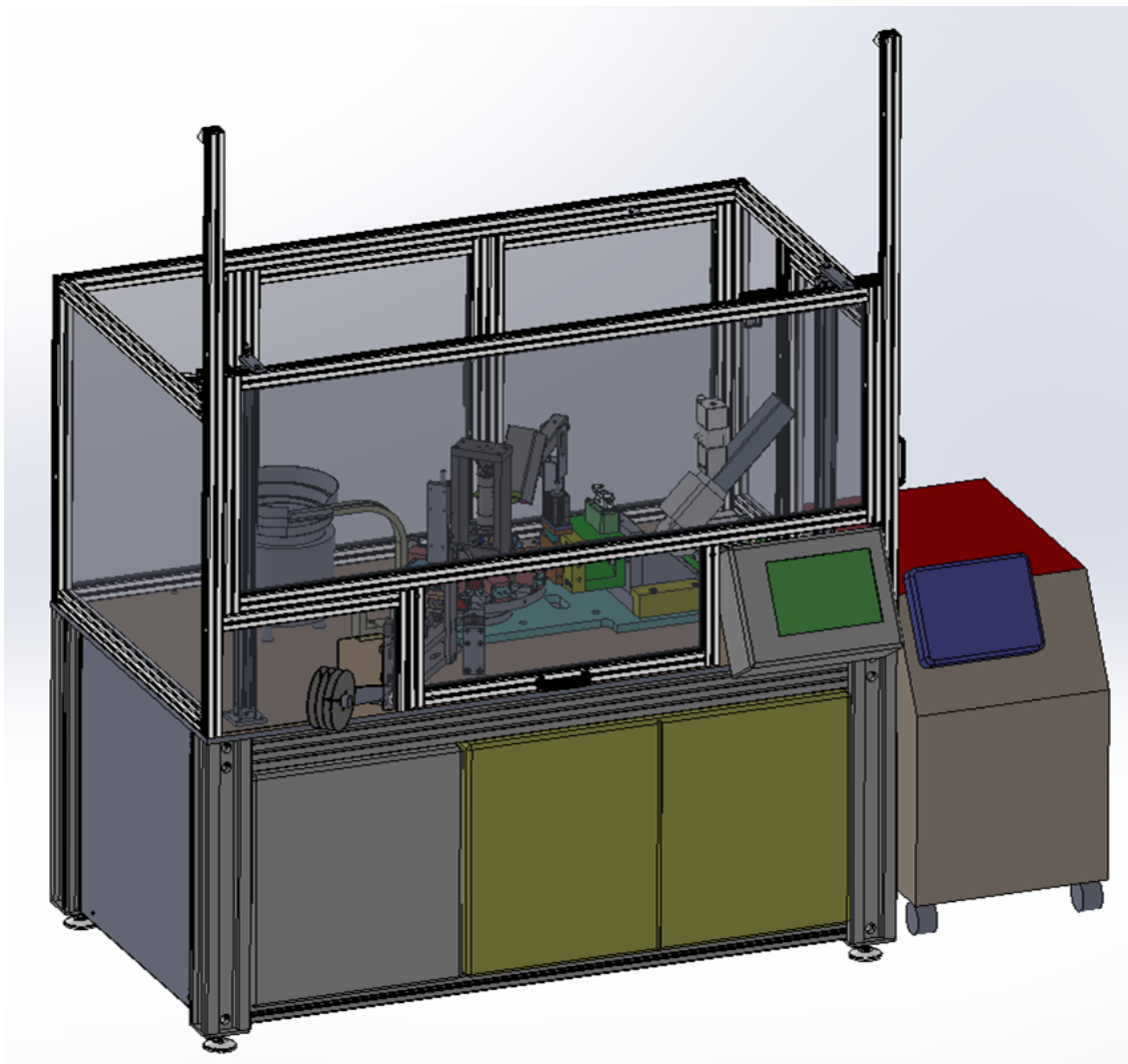


Obr. 3.8 - varianta A - forma SV (vlevo) a ST (vpravo)

Jednotlivé prvky zařízení pracují simultánně na 3 pozicích formy, díky tomu je přibližná doba cyklu 15 vteřin a teoretický objem výroby 1920 ks/h.

3.2. Varianta B

Základem je otočný karusel s osmi pozicemi a miniaturní vstřikovací jednotka Babyplast 10P v horizontálním provedení.

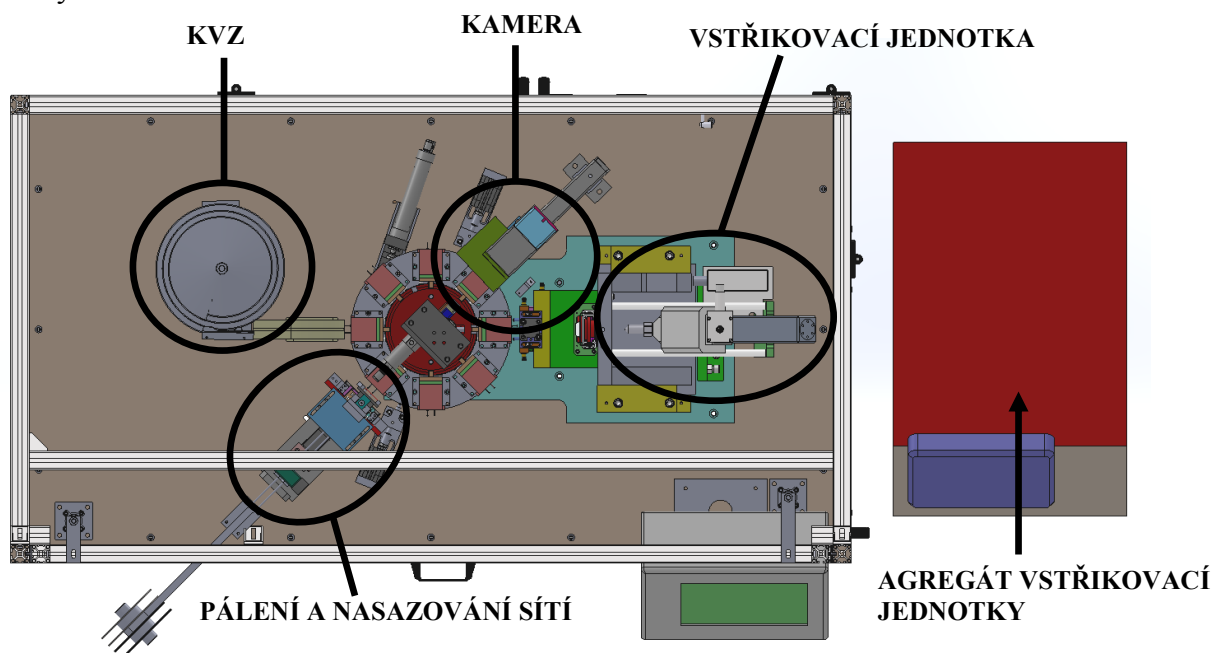


Obr. 3.9 - varianta B

Použita je pouze dvojnásobná forma, díky tomu je možno uplatnit slabší, ale rychlý pneumatický systém zavírání formy. Tvarové vložky na straně trysky jsou umístěny v desce, která je při otevření formy pružinami oddálena od upínacích desek a pomocí pneumatického pístu je vtoková soustava shozena do skluzu pro odpad. Tato forma je také vybavena vyhřívanou vtokovou soustavou s uzavírací tryskou, díky čemuž je dosaženo úspory plastového granulátu.

Na karuselu se otáčí formy SV, které jsou zajištěny ve své dráze pomocí prstence na středovém pevném kole ve všech pozicích kromě zavírání formy. V této pozici je SV posunuta proti pevné ST pomocí pákového mechanismu poháněného pneumatickým pístem. Vyhazování dílů je řešeno trubkovými vyhazovači, které jsou posouvány

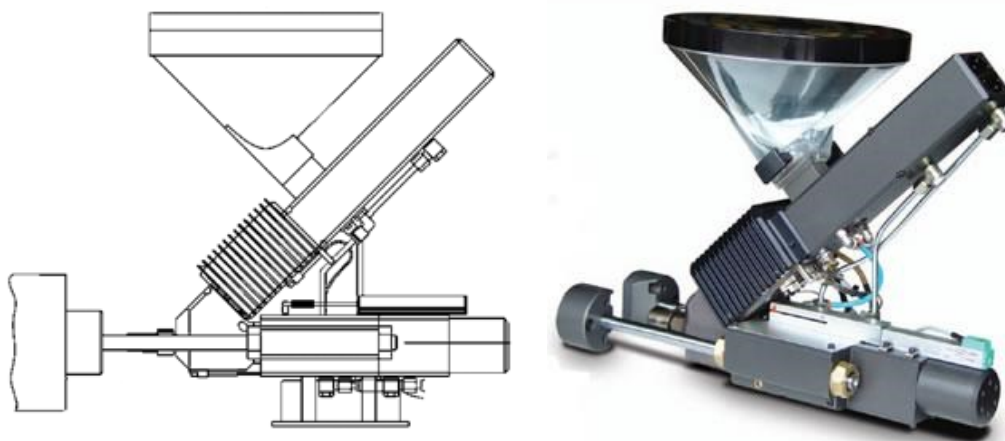
pneumatickým pístem na příslušné pozici. Návrat vyhadzovačů do výchozí polohy zajišťují pružiny.



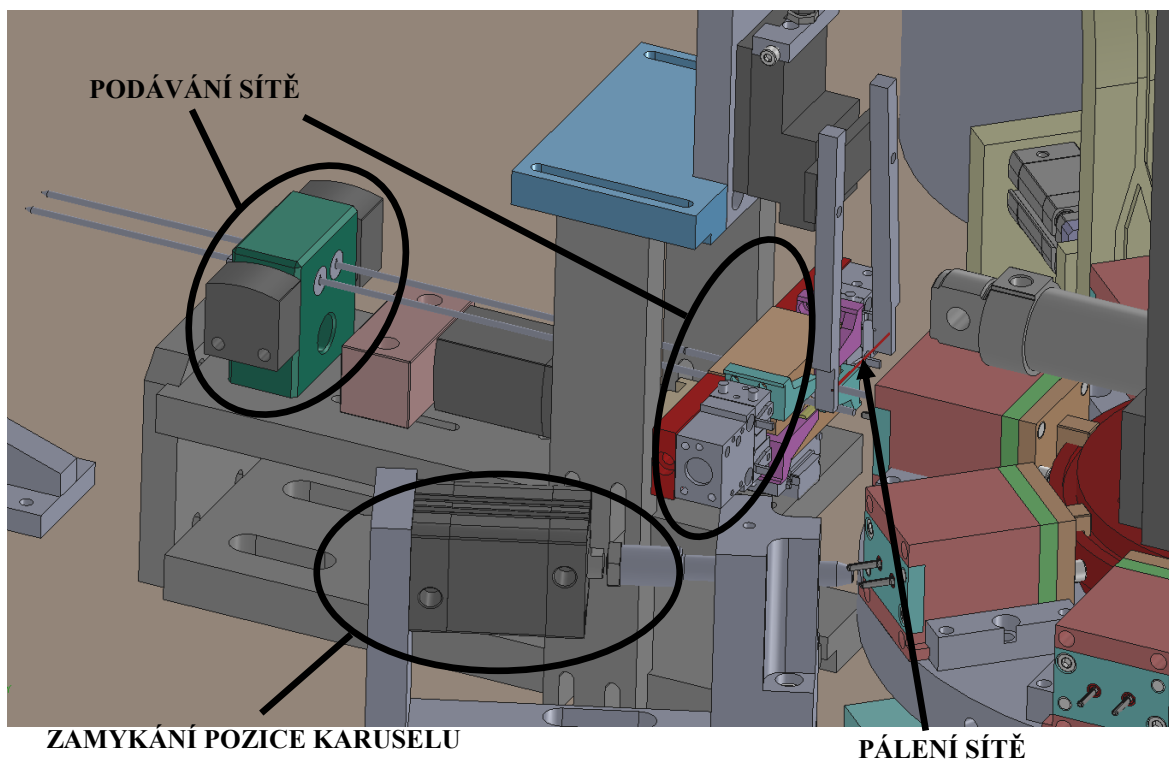
Obr. 3.10 - varianta B - půdorys

Kovové kroužky jsou orientovány a dopravovány do překladače pomocí kruhového vibračního zásobníku doplněného o lineární vibrační dopravník. Překladač je poháněn pneumatickým pístem, který kroužky pomocí dutých kolíků přesune z lineárních drah na trny formy ST.

Krácení filtračních sítí, které jsou navinuty na cívkách již ve formě trubice, je prováděno pomocí rozžhaveného odporového drátu. Podávací systém nasune trubice přímo na trny formy SV a odřízne síť ve správné poloze. Využitím trnů formy odpadá nutnost jakýchkoliv dalších operací se sítí.

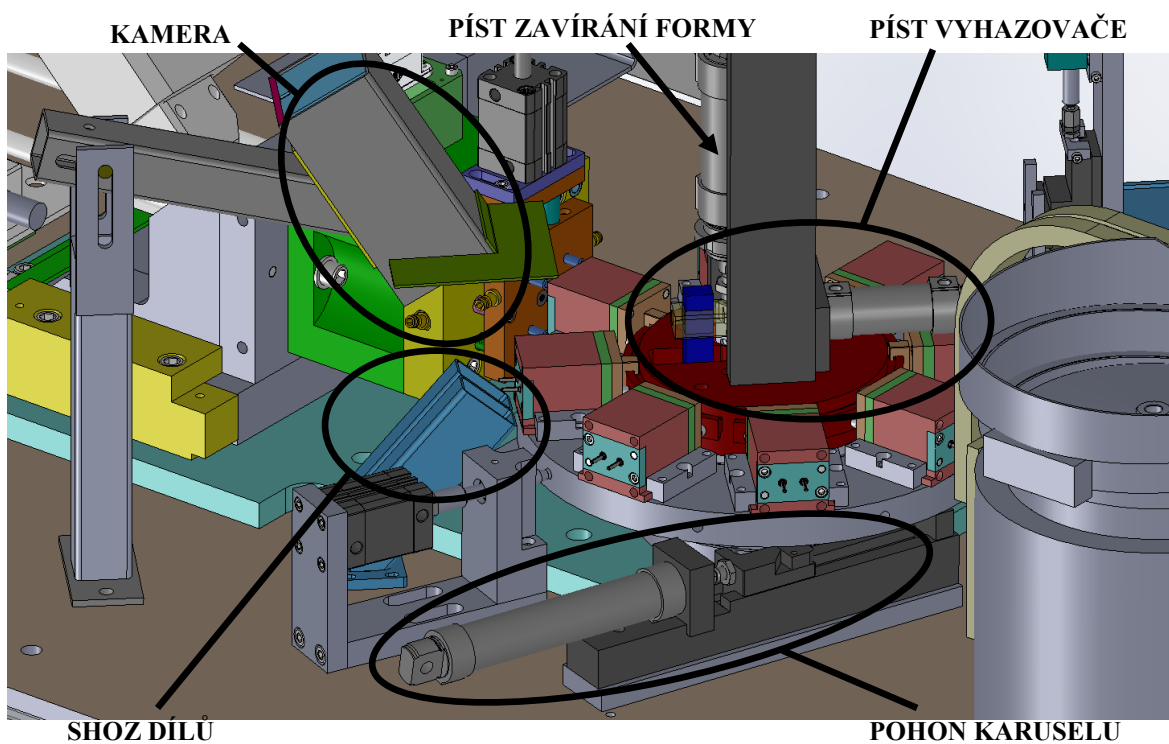


Obr. 3.11 - varianta B - vstřikovací jednotka Babyplast [9]



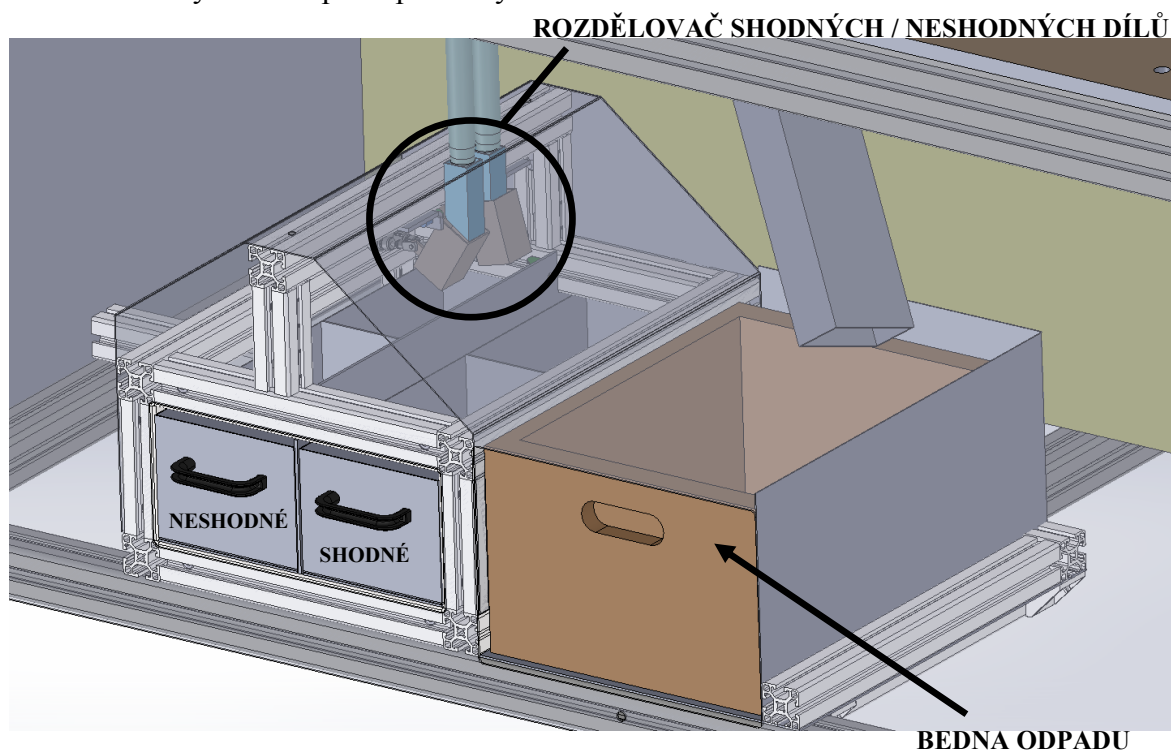
Obr. 3.12 - varianta B - pálení sítě

Hotové kusy jsou nejprve nasnímány statickou kamerou a na základě dat ze zpracovaného obrazu jsou nastaveny klapky na konci trubice shozu dílů. Klapky roztřídí filtry do dvou šuplíkových zásobníků, jeden pro shodné a druhý pro neshodné díly. Šuplíky jsou navíc rozděleny příčkou pro oddělení kusů z obou kavit, díky čemuž lze snadno zjistit případnou vyšší zmetkovost jedné kavit.

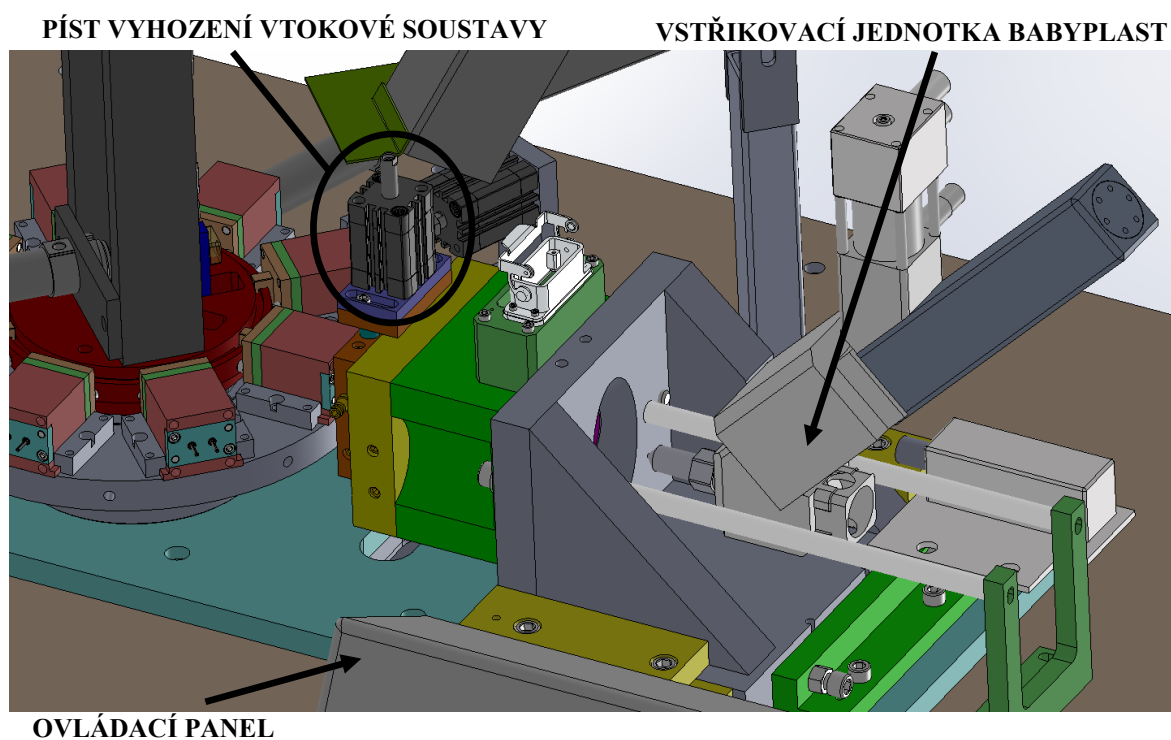


Obr. 3.13 - varianta B - zavírání a vyhazování formy, kamera a pohon karuselu

Odpad z vtokové soustavy je po uvolnění pístem shozen do tunelu pod formou a veden do bedny vedle šuplíků pro filtry.



Obr. 3.14 - varianta B - zásobníky dílů

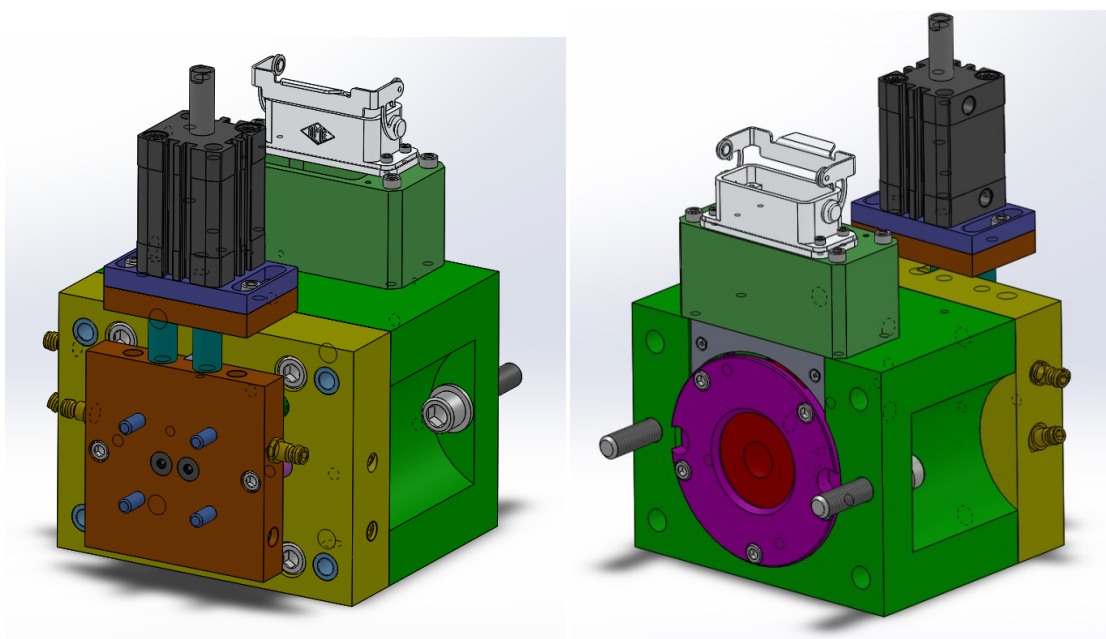


Obr. 3.15 - varianta B - vstřikovací jednotka

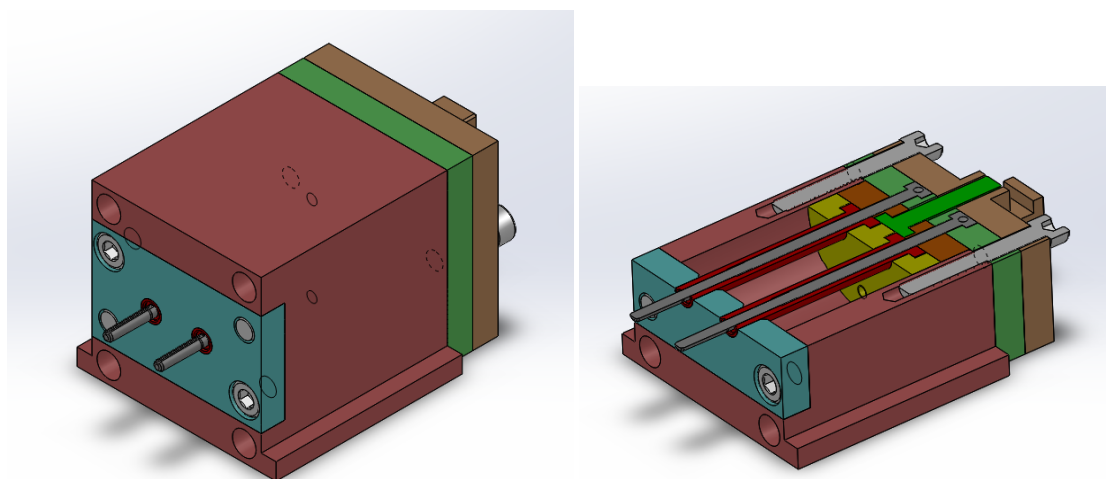
Otáčení karuselu je řešeno krokově pomocí pneumatického pístu s jazýčkem, který zabírá do příslušných drah na spodní straně stolu karuselu a při pohybu zpět přeskočí jazýček do další dráhy. Toto řešení umožňuje rychlý zákrok v případě špatného nasazení některé části filtru - jazýček dovolí volné otočení karuselu pouze proti směru hodinových

ručiček (v pracovním směru). V případě pokusu o otočení po směru hodinových ručiček je karusel zablokován. Tím je zabráněno v případě nepozornosti natočení pozice s již hotovými filtry opět do pozice pro zavření formy, což by znamenalo vysoké riziko poškození formy. Specializované otočné stoly pro karusely nebyly použity právě z důvodu komplikací v případě nutnosti manuálního pootočení a vysoké ceny.

V každé pozici karuselu se aktivuje dvojice pneumatických zámků, které bezpečně zajistí karusel s formami proti pohybu. To je kriticky nutné pro správné zavření formy, která navíc obsahuje několik naváděcích trnů.



Obr. 3.16 - varianta B - forma ST



Obr. 3.17 - varianta B - forma SV

Rám stroje je zhotoven z hliníkového konstrukčního systému velikosti 45, přední kryt je pro snadný přístup při údržbě stroje zvedán jako jeden celek pneumatickými písty se zámek. Dále je v těsné blízkosti vstřikovací jednotky umístěn její agregát, který je

vybaven dotykovým ovládacím panelem a kromě řídicích obvodů obsahuje i hydraulický agregát pro posuv jednotky a šneku.



Obr. 3.18 - varianta B - vstříkovací jednotka s agregátem [9]

Cyklus stroje začíná nasazením dvojice nerezových kroužků na trny formy. Na další pozici je přidána síť, která je nasunuta rovnou na trny a rozžhaveným odporovým drátem odřezána. Na dalších dvou pozicích není prováděn žádný úkon. Na páté pozici dojde k zavření formy pohybem formy SV pomocí pákového mechanismu (poháněného pneumatickým pístem) vůči stacionární formě ST. Následně dojde k zastříknutí dutin formy plastem. Po otevření formy může SV pokračovat v prstencové dráze na další pozici, zatímco na formě ST dojde k oddálení formovací desky, přičemž pneumatický píst na formě vyhodí vtokovou soustavu do skluzu pro odpad. Na šesté pozici jsou vyrobené filtry nejprve nasnímány statickou kamerou a na základě získaných dat jsou díly vyhodnoceny jako shodné nebo neshodné. Dle toho jsou nastaveny klapky na konci trubic shozu dílů. Následuje vyhození filtrů z formy pomocí pneumatického pístu umístěného na statické středové části karuselu. Filtry tak putují trubicovým vedením do příslušných šuplíků. Na dalších dvou pozicích již není prováděn žádný úkon.

Vyšší počet pozic, kdy jsou aktivní operace prováděny jen na polovině z nich, je zvolen záměrně. Díky delším intervalům mezi zastříknutím formy na jedné pozici nedochází k přehřívání forem SV, které nejsou na rozdíl od ST temperovány.

Celkový takt stroje je vyšší než u předchozí varianty, především díky rychlému systému zavírání forem. Doba jednoho cyklu je tak pouze 6 vteřin a teoretický objem výroby 1200 ks/h.

4. Volba optimální varianty

Pro objektivní posouzení vhodné varianty řešení byla použita hodnotová analýza. Posuzováno bylo celkem 7 kritérií, kterým byla přidělena hodnota od 1 do 6. Porovnáváním jednotlivých párů kritérií bylo dosaženo váhy významnosti daných kritérií. V následujících tabulkách je zaznamenán průběh celé hodnotové analýzy.

4.1. Posuzovaná kritéria

#	Kritérium	Charakteristika kritéria
k1	Rozměry pracoviště	Maximální půdorysné rozměry pracoviště
k2	Objem produkce	Teoretický objem produkce výroby
k3	Způsob kontroly filtrů	Způsob kontroly shodných/neshodných dílů
k4	Cena	Přibližná výrobní cena automatu
k5	Komplikovanost montáže	Množství komponent, složitost montáže a programování
k6	Násobnost formy	Počet kavit formy, množství odpadu
k7	Složitost údržby	Časové a odborné nároky na údržbu

Tab. 4.1 - posuzovaná kritéria

4.2. Váha významnosti kritérií

Porovnávané páry kritérií						Počet voleb	Pořadí	Váha významnosti
k1	k1	k1	k1	k1	k1	1	6 ÷ 7	1,20
k2	k3	k4	k5	k6	k7			
	k2	k2	k2	k2	k2	5	1	1,0
	k3	k4	k5	k6	k7			
		k3	k3	k3	k3	2	5	1,40
		k4	k5	k6	k7			
			k4	k4	k4	4	2	1,80
			k5	k6	k7			
				k5	k5	1	6 ÷ 7	1,50
				k6	k7			
					k6	2,5	3 ÷ 4	1,50
					k7	2,5		

Tab. 4.2 - porovnávané páry kritérií

4.3. Hodnocení kritérií

Hodnoty kritérií	
6	Vysoká úroveň
5	Dobrá úroveň
4	Průměrná úroveň
3	Nízká úroveň
2	Nevyhovující úroveň
1	Nepříznivý stav

Tab. 4.3 - stupnice hodnocení kritérií

Kritérium	Varianta A	Varianta B
Rozměry pracoviště	3000×2400	2400×1100
Objem produkce	1920 ks/h	1200 ks/h
Způsob kontroly filtrů	2 × kamera na efektoru	1 × kamera pevná
Cena	€115 000	€72 000
Komplikovanost montáže	Komplikovanější, nutné ustavení buňky k vstřikovacímu lisu	Průměrná
Násobnost formy	8×	2×
Složitost údržby	snadná, nutné zaškolení	komplikovanější, nutné zaškolení

Tab. 4.4 - parametry kritérií

4.4. Udělené hodnocení kritérií

#	Kritérium	Varianta A	Varianta B
1	Rozměry pracoviště	4	5
2	Objem produkce	6	3
3	Způsob kontroly filtrů	4	4
4	Cena	3	5
5	Komplikovanost montáže	2	5
6	Násobnost formy	5	3
7	Složitost údržby	5	3

Tab. 4.5 - hodnocení kritérií

4.5. Vážený index kritérií a zhodnocení

#	Kritérium	Významnost kritéria (váha významnosti)	Varianta A	Varianta B
1	Rozměry pracoviště	1,20	4,80	6,00
2	Objem produkce	2,00	12,00	6,00
3	Způsob kontroly filtrů	1,40	5,60	5,60
4	Cena	1,80	5,40	9,00
5	Komplikovanost montáže	1,20	2,40	6,00
6	Násobnost formy	1,50	7,50	4,50
7	Složitost údržby	1,50	7,50	4,50
		Σ	45,20	41,60

Tab. 4.6 - výpočet vážených indexů kritérií

Na základě hodnotové analýzy byla vybrána jako optimální varianta A. To je dáno především vyšším objemem výroby, který má základ ve vícenásobné formě (8 vs. 2 kavity) a jednodušší údržbě zařízení.

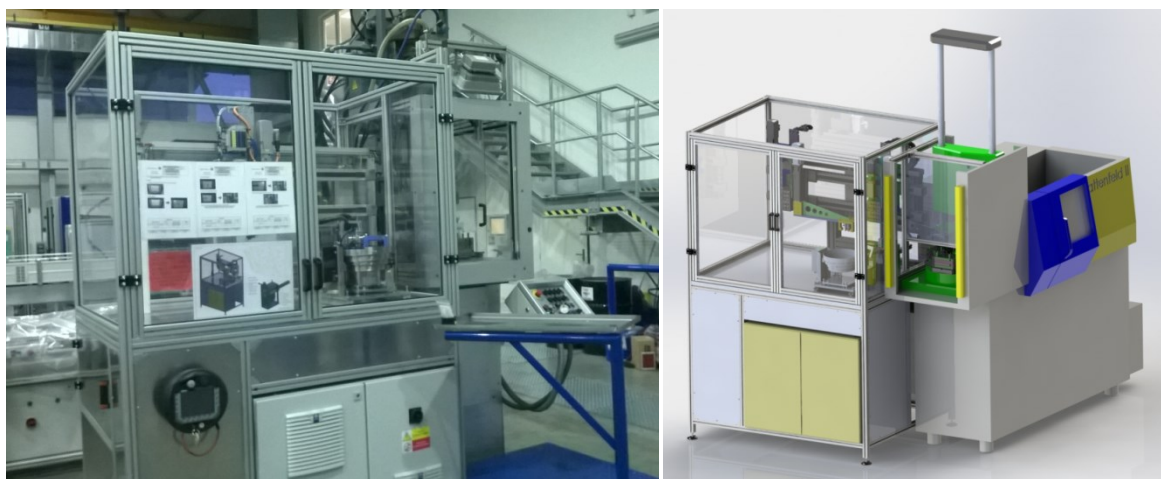
5. Konstrukční řešení

5.1. Původní stav

Nutno podotknout, že obě představené varianty využívají poznatků z konstrukce a provozu podobných, již vyrobených řešení, které však autor práce sám navrhoval.

V případě karuselu se jedná o rozšíření a inovování návrhu, který byl aplikován při celkové přestavbě staříčského automatu řízeného vačkovým mechanismem spínajícím sérii vzduchových ventilů. Tento automat standardně vyžadoval trvalou přítomnost obsluhy a prováděl méně úkonů.

Vybraná varianta řešení má svůj původ v projektu přestavby vertikálního vstřikovacího stroje na poloautomat, kde byl pomocí dvojosého manipulátoru zajištěn odběr kusů a nasazení kroužků. Lidská obsluha pouze nasazovala nerezové sítě na trny formy a poté aktivovala otočení stolu.



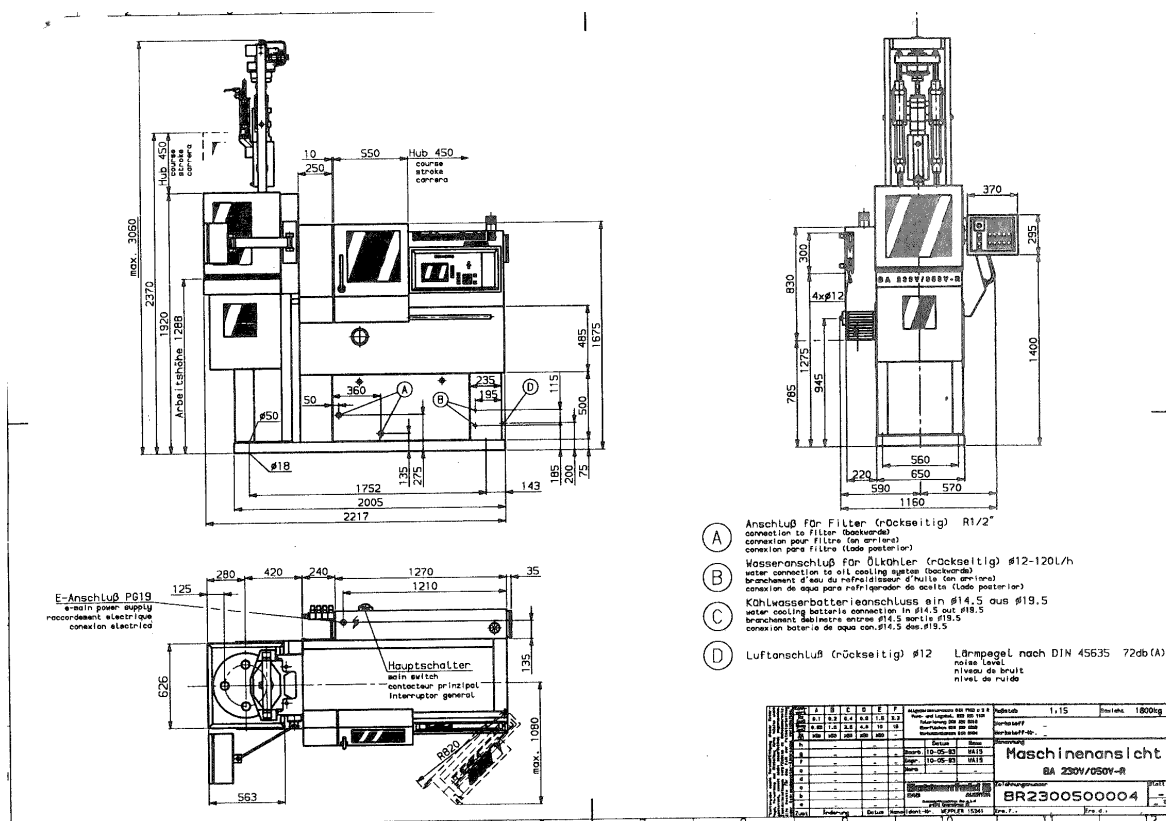
Obr. 5.1 - původní stav

Navrhovaná varianta tak s původním návrhem sdílí pouze vstřikovací stroj, základ přístavby s manipulátorem Festo, zásobníky na hotové díly (netříděné) a princip funkce rozdělovače kroužků.

5.2. Vstřikovací lis

Základem vybrané varianty je repasovaný vstřikovací lis Battenfeld 230V/050-R. Jedná se o vertikální stroj v provedení s otočným stolem, který nabízí 4 pozice pro formy, respektive 4 pozice pro SV a jednu pozici pro ST umístěné na pohyblivé desce beranu. Všechny akční prvky stroje jsou poháněny hydraulicky - dvojice pístů pro posuv beranu, hydromotor pro otáčení stolu, malý píst jako zámek pozice stolu a píst s nastavitelným dorazem pro pohon vyhazovačů formy. Poslední jmenovaný může být umístěn na jedné ze

tří pozic stolu kromě pozice pod beranem. Samozřejmostí jsou také hydraulické pohony na samotné vstřikovací jednotce. Ta se na stroji nachází pouze jedna a přívod granulátu je řešen vakuovým nasáváním z blízko stojící sušičky granulátu.

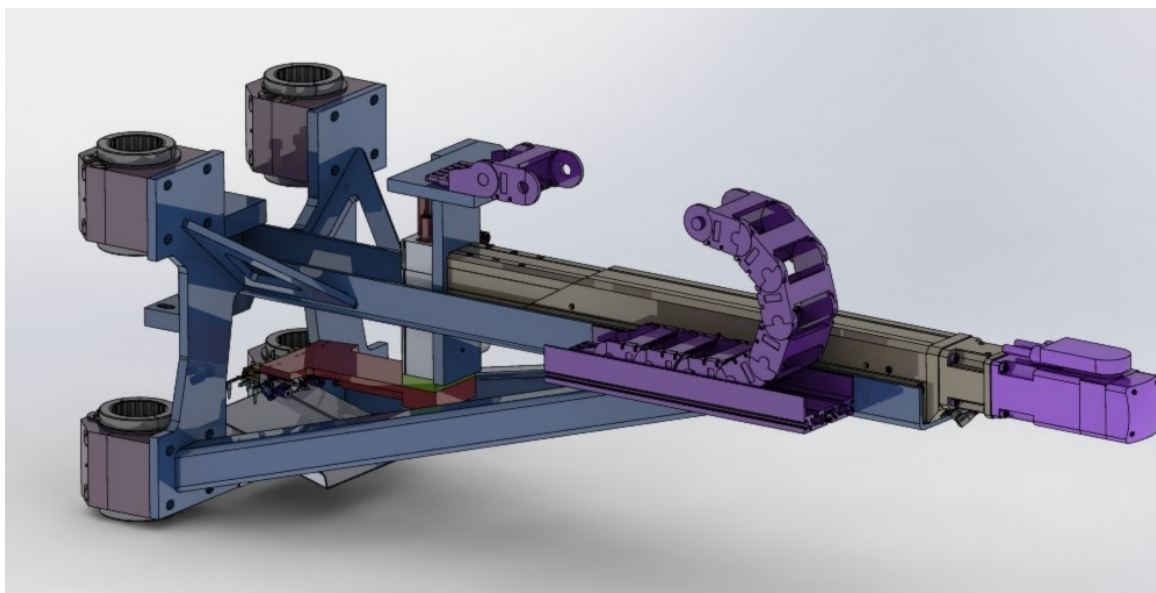


Obr. 5.2 - rozměry vstřikovacího lisu Battenfeld 230V/050-R

Na obrázku výše je možno si všimnout vysouvacího krytu kolem otočného stolu, který se zvedá před každým provedením cyklu. Tyto kryty byly již při repasi odstraněny, změněno bylo umístění ovládacího panelu a proběhlo kompletní přetěsnění a kontrola hydraulického systému. Cena takovéhoho repasovaného vstřikovacího lisu je díky celkovému stáří stroje cca € 25,000.

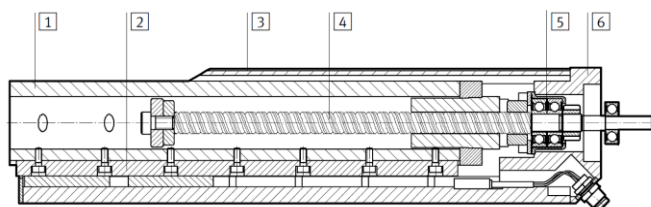
5.3. Odebírání odpadu

Vzhledem k použité formě, která nemá vtokovou soustavu umístěnou v hlavní dělicí rovině, je nutno odebírat odpadní vtokovou soustavu z prostoru mezi horními deskami ST, které se při otevření formy od sebe oddálí. K tomu slouží dvouosý lineární manipulátor, který je připevněn k pohyblivé desce beranu a využívá taktéž jeho vodících sloupů. Tím je zaručena vždy stejná poloha manipulátoru vůči formě ST, kterou neovlivní ani případné překalibrování polohy, do které beran vyjíždí.



Obr. 5.3 - manipulátor pro odběr odpadu

Hlavním a největším akčním členem tohoto manipulátoru je lineární jednotka Festo EGSA-60-300 [20]. Jedná se o letmý pohon s kuličkovým vřetenem a axiálně uloženým servomotorem. Integrovaný snímač informuje pouze o dosažení referenčního bodu a další odměřování je závislé pouze na otáčení motoru.



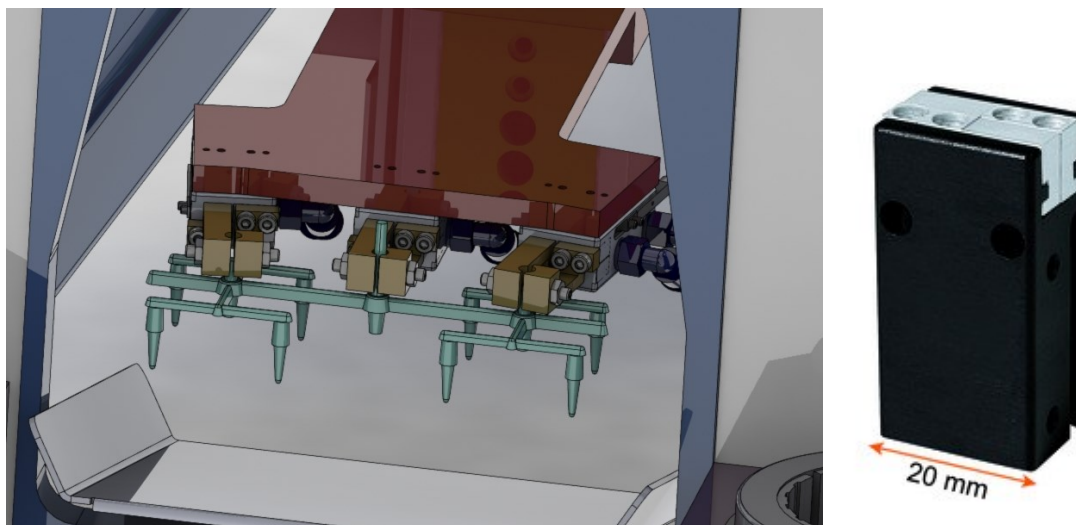
Obr. 5.4 - letmý pohon EGSA [20]

Další pohybovou osu obstarává pneumatický pohon Festo DGSL-16-30 [33] s integrovanými saněmi a nastavitelnými dorazy s tlumením. Zde jsou seřizeny pouze krajní polohy pístu a o jejich dosažení informují magnetické snímače. Oba pohony jsou spojeny hliníkovou deskou, na které je navíc připevněn konec energetického řetězu pro přívod energií a signálů pro pohon DGSL a navazující efektor.



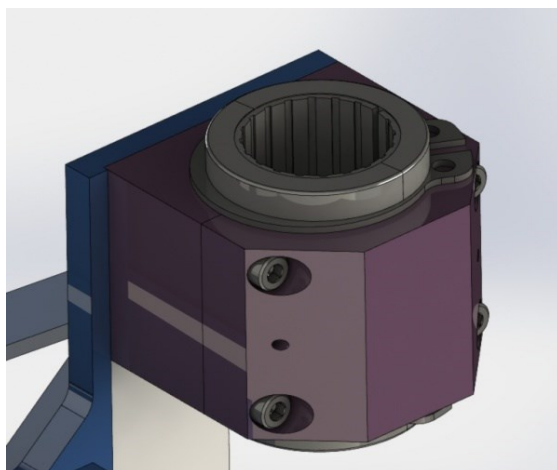
Obr. 5.5 - pneumatické saně DGSB [33]

Samotný efektor je tvořen základnou vyrobenou ze zušlechtěné slitiny hliníku (AL 7075) a trojicí pneumatických gripperů Sommer automatic MGP 803NC [24]. Jedná se o miniaturní paralelní jednočinné gripper, které jsou roztahovány pružinou a tlakovým vzduchem naopak zavírány. Na nich jsou nainstalovány kleštiny se seřiditelnými hroty, které bezpečně uchopí vtokovou soustavu a za pomoci uvolňovacích pneumatických pístů na formě ji vyjmou z formovací desky.



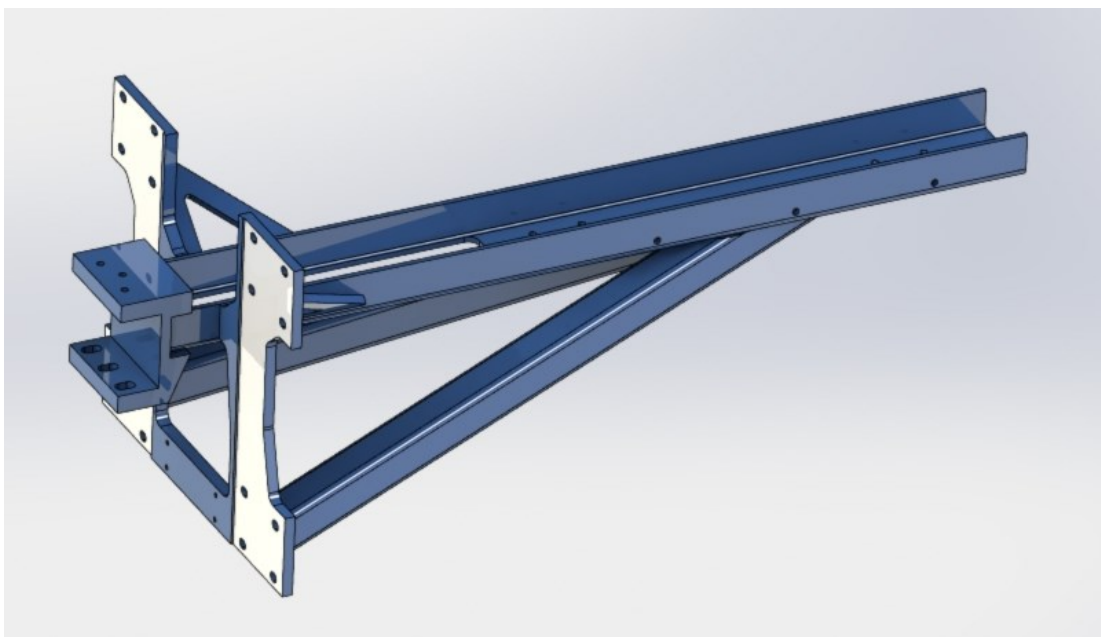
Obr. 5.6 - efektor odebrání odpadu a gripper MGP803NC [24]

Pro minimalizaci ohybových momentů přenášených na pohyblivou desku vstřikovacího lisu jsou využity vodící sloupky beranu, po kterých se deska pohybuje. K tomuto účelu jsou použita rozebíratelná kluzná vodící pouzdra IGUS TJUM-03 [21], která dovolují instalaci bez komplikovaného rozebrání stroje, které by bylo nutné v případě užití standardních kuličkových klecí. Dvě vodící pouzdra pro každý sloup jsou poté umístěna v domcích, které jsou připevněny k rámu manipulátoru. Poloha vodících pouzder v domcích je zajištěna pojistnými kroužky.



Obr. 5.7 - vodící pouzdro TJUM-03 [21]

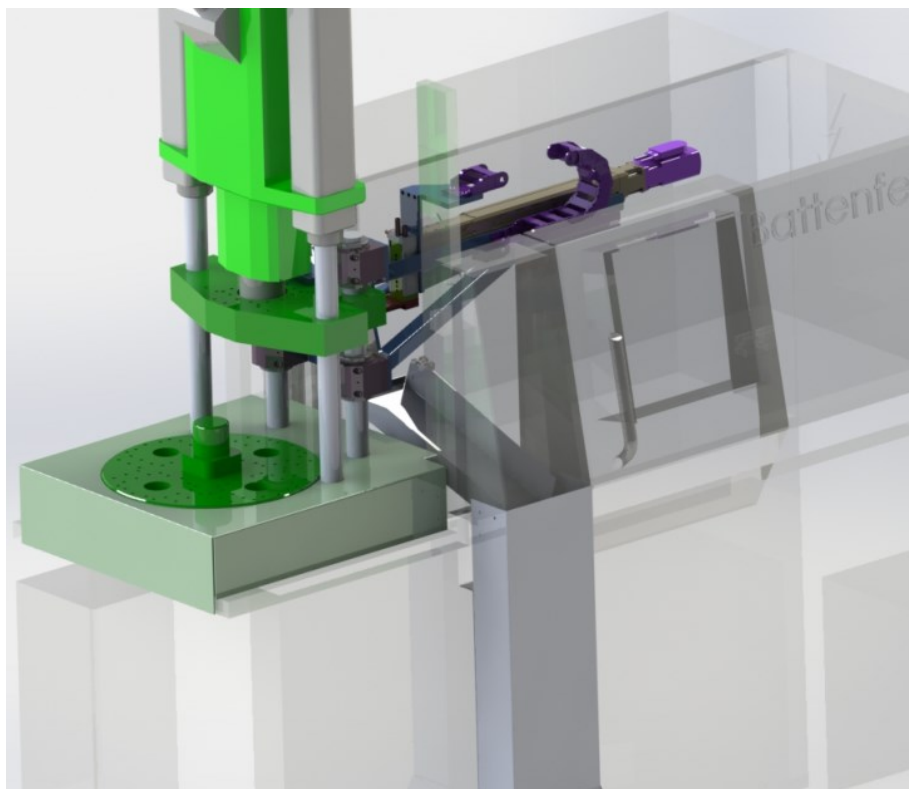
Rám je vyroben ze svařených ocelových profilů a desek. Povrchovou úpravou po svaření je nanesení práškové barvy. Finální operací je pak přefrézování dosedacích ploch domků vodících pouzder, které musí být v rovině.



Obr. 5.8 - rám manipulátoru odpadu

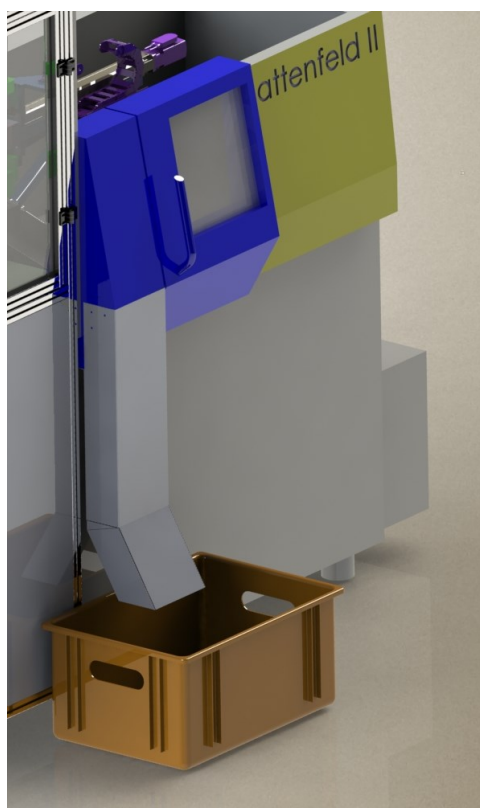
Posledním prvkem manipulátoru je malý plechový skluz, který vtokovou soustavu po rozevření gripperů přepraví do určeného skluzu pro odpad. Následně je tímto skluzem odpad dopraven do bedny mimo pracoviště.

Odpad je určen k ekologické likvidaci, která se děje ve specializovaných firmách. Další možností je rozdrčení odpadu na malé částice, které mohou být přimíchány k novému granulátu, ale pouze v případě výroby neprioritních součástí - kryty, úchytky atp.



Obr. 5.9 - skluz odpadu a upevnění manipulátoru

Skluz odpadu je tvořen nerezovými plechy. První ve tvaru U je v šikmé poloze ustaven pomocí hliníkových profilů. Druhý plech je již ve formě svařovaného tunelu, který je namontován na krytu stroje a bezpečně dopraví odpad do bedny.

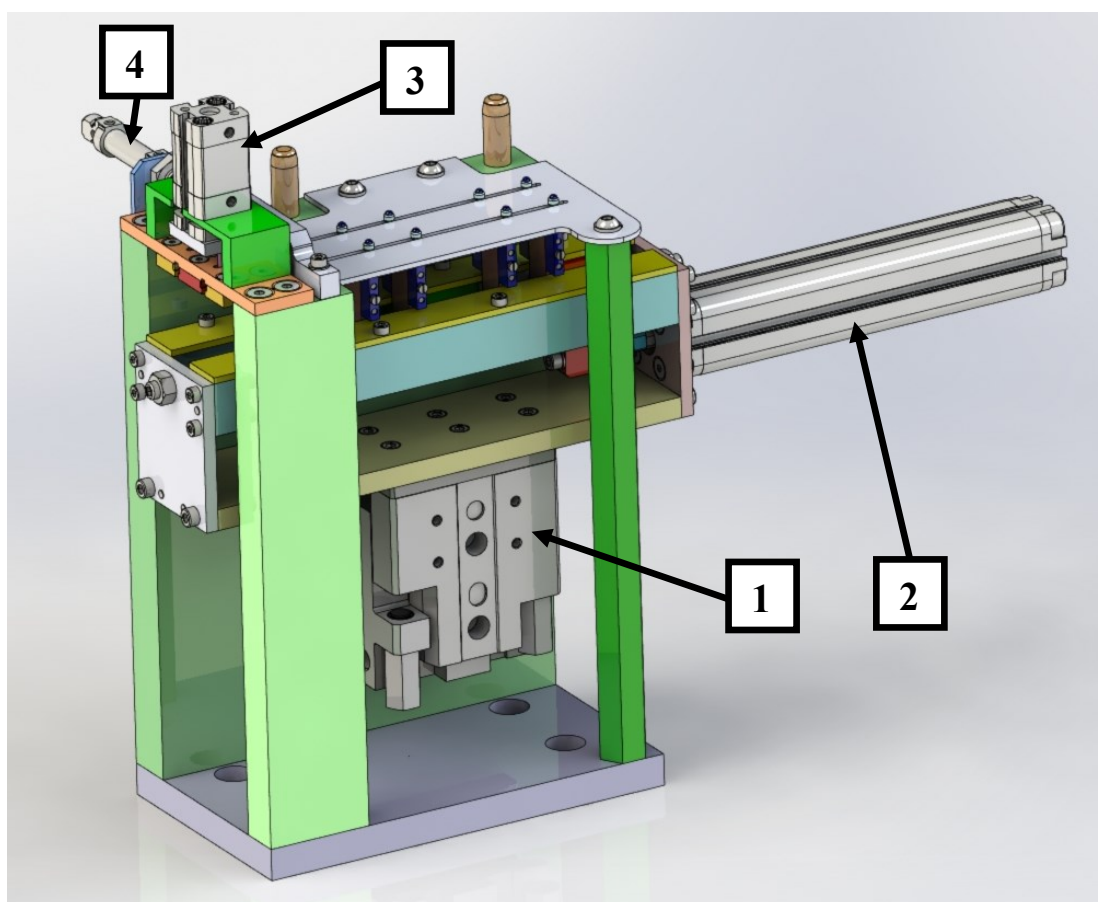


Obr. 5.10 - bedna pro odpad

5.4. Příprava kroužků

Aby mohly být nerezové kroužky v jednom kroku odebrány efektozem a nasazeny na formu, je nutné zajistit jejich správné rozmístění dle roztečí trnů na formě. Předem je taktéž nutné volně sypané kroužky správně orientovat a zajistit jejich dostatečnou zásobu ve stroji alespoň po 2 hodiny chodu pomocí kruhového vibračního zásobníku (KVZ).

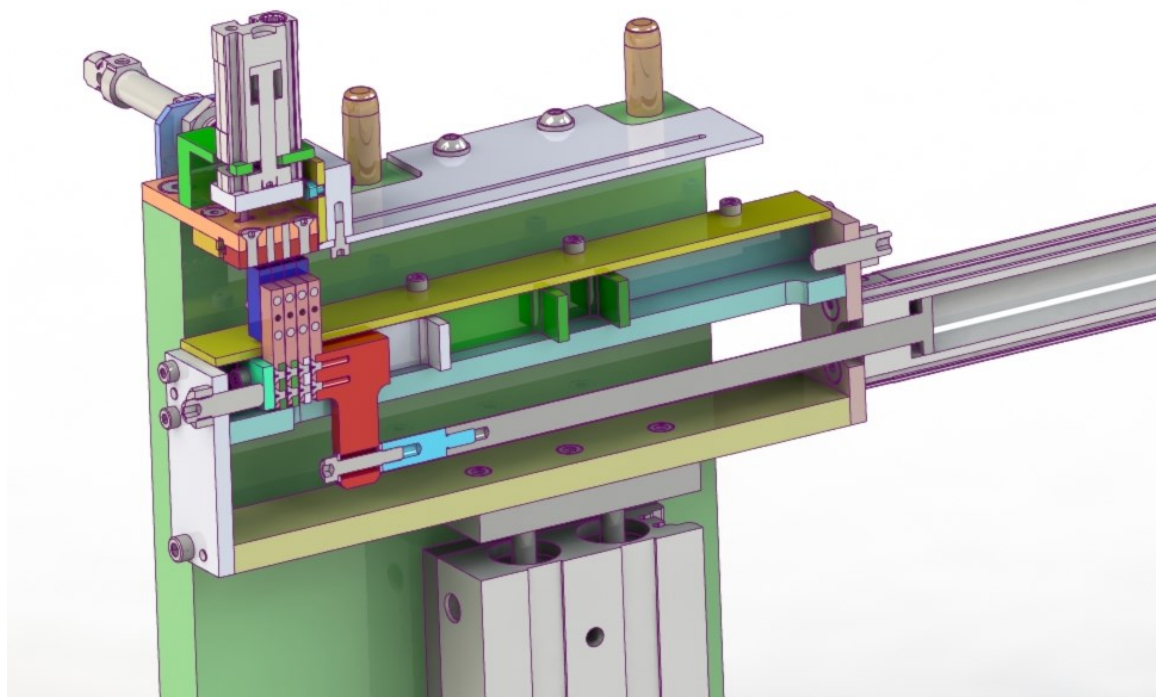
Kroužky jsou během každé přestávky pro údržbu vsypány do kruhového vibračního zásobníku, který oscilačními pohyby posouvá díly po spirálové dráze na obvodu nádoby a orientuje kroužky do požadované polohy. Následně jsou kroužky pomocí lineárního vibračního podavače rozděleny do dvou větví a dopraveny do rozdělovače kroužků.



Obr. 5.11 - rozdělovač kroužků

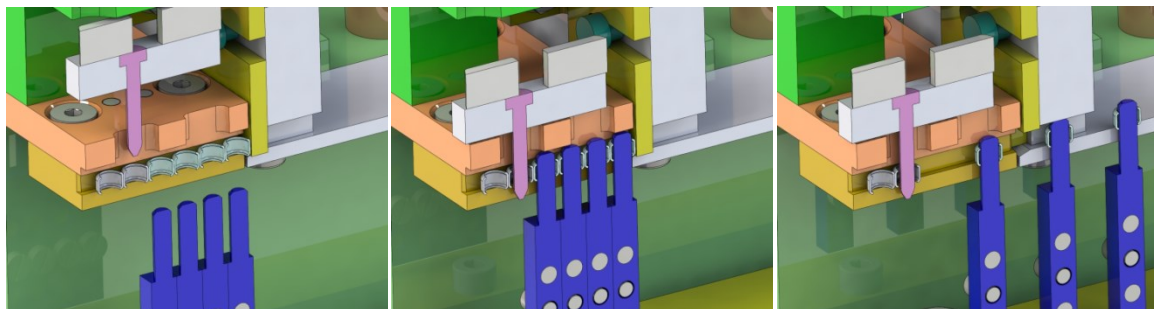
Základem rozdělovače kroužků je lineární pouzdro pro vozíky, které je zvedáno pneumatickým pohonem Festo SLT-20-30 [34] (1), který obsahuje dvojici pístů, nastavitelné dorazy s tlumením a vlastní lineární vedení s oběhovými kuličkami. O pohyb vozíků se stará pneumatický píst Festo ADVU-20-160 [18] (2). Dále je zde pneumatický píst s krátkým zdvihem a upínací hlavou s lineárním vedením Festo ADNGF-12-10 [17] (3) pro zastavení přísunu kroužků během činnosti zařízení. Posledním pohonem je pneumatický píst Festo DSNU-10-10 [40] (4), který ovládá klapku pro přísun kroužků.

Účelem rozdělovače je nabrání čtyř kroužků umístěných těsně vedle sebe ve dvou řadách tak, jak přicházení z lineárního vibračního podavače, na nerezové trny, díky vysunutí vertikálního posuvu (1). Následně je aktivován píst s krátkým zdvihem (3), který pomocí malých jehel zastaví pátou dvojici kroužků v pořadí a znemožní tak přísun dalších dílů z podavače. Poté je aktivován píst klapky (4), která uvolní dráhu pro připravené kroužky.

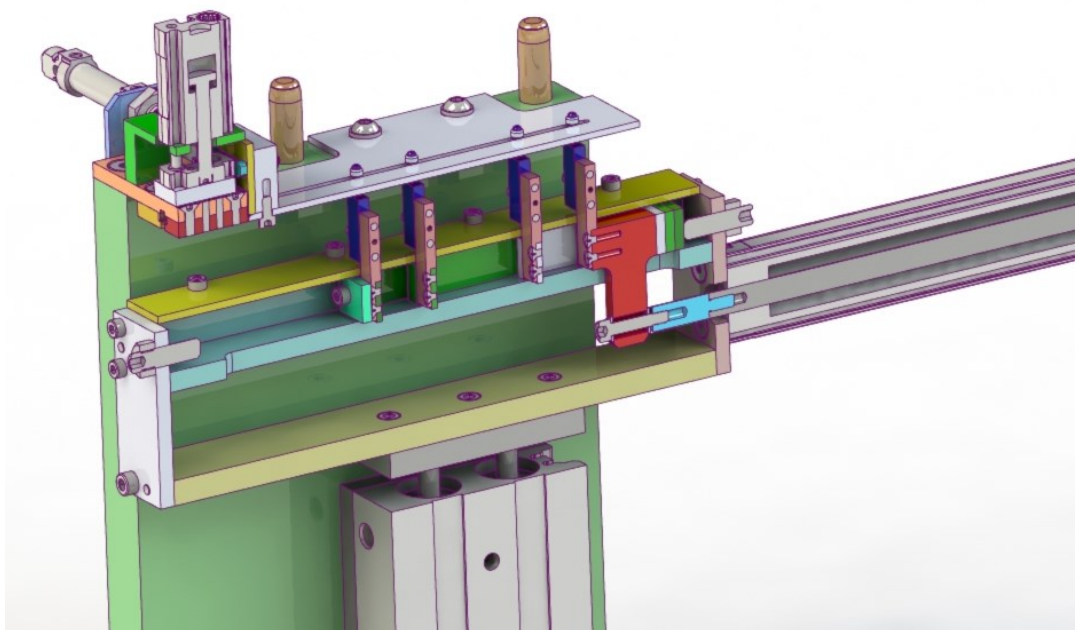


Obr. 5.12 - rozdělovač kroužků - pozice nabírání kroužků

Píst posuvu vozíků (2), který se poté zasouvá, rozvede dvojici kroužků do polohy, ze které je může efektor pohodlně uchopit. Vozíky s trny mají přesně dané rozměry, které zabezpečují správné rozmístění kroužků po zastavení vozíků v obou koncových polohách. Po odebrání dílů vertikální posuv spustí trny pod úroveň horní desky, píst vozíků se vrátí do vytaženého stavu a píst klapky uzavře dráhu pro kroužky. Nakonec je vytažením jehel posledním pístem umožněn opětovný přísun kroužků z podavače, které se zastaví až o klapku. Tím je cyklus ukončen.

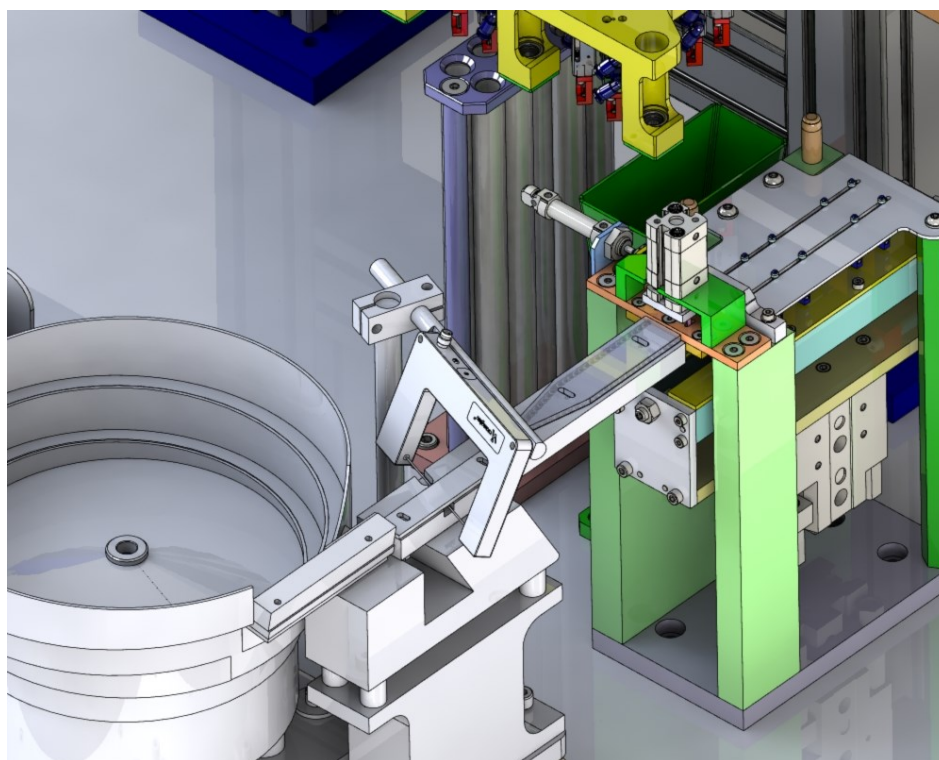


Obr. 5.13 - rozdělovač kroužků - fáze odebírání kroužků



Obr. 5.14 - rozdělovač kroužků - pozice pro odebrání kroužků efektořem

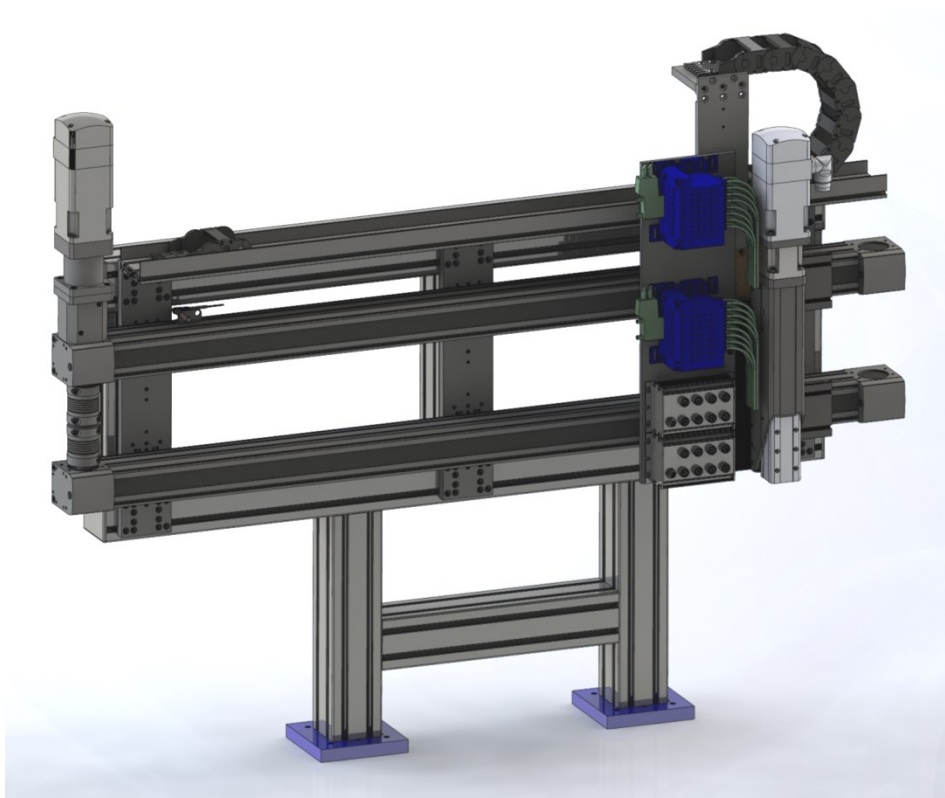
Pro přesné navedení efektoru pro odběr malých kroužků jsou přítomny dva vodící kolíky, které zapadají do vodících pouzder na efektoru. Všechny díly, které jsou během činnosti zařízení v kontaktu s kroužky, včetně horního plechu, jsou vyrobeny z nerezavějící oceli. Vozíky a část jejich lineárního pouzdra jsou vyrobeny z ušlechtilé oceli, kaleny a nakonec broušeny na přesné rozměry.



Obr. 5.15 - KVZ, lineární podavač a rozdělovač kroužků

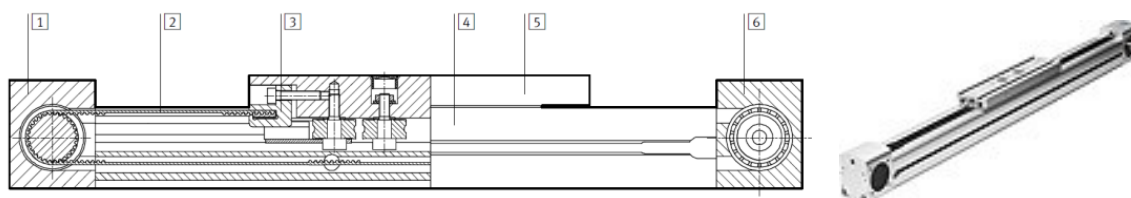
5.5. Manipulátor pro odběr filtrů

Tento dvouosý portálový manipulátor je dodáván firmou Festo již jako hotový a vhodně dimenzovaný celek. Rám je vyroben z hliníkových profilů a desek. Vodorovnou osu tvoří dvojice jednotek s ozubeným řemenem DGE-ZR-RF-40-700 [30], jež jsou poháněné servomotorem EMMS-AS-70. Vertikální posuv poté zajišťuje letmý pohon EGSA-60-100 [20]. Pracovní rozsah je tak 700 mm v horizontálním směru, 100 mm ve vertikálním směru a užitná nosnost 6 kg.



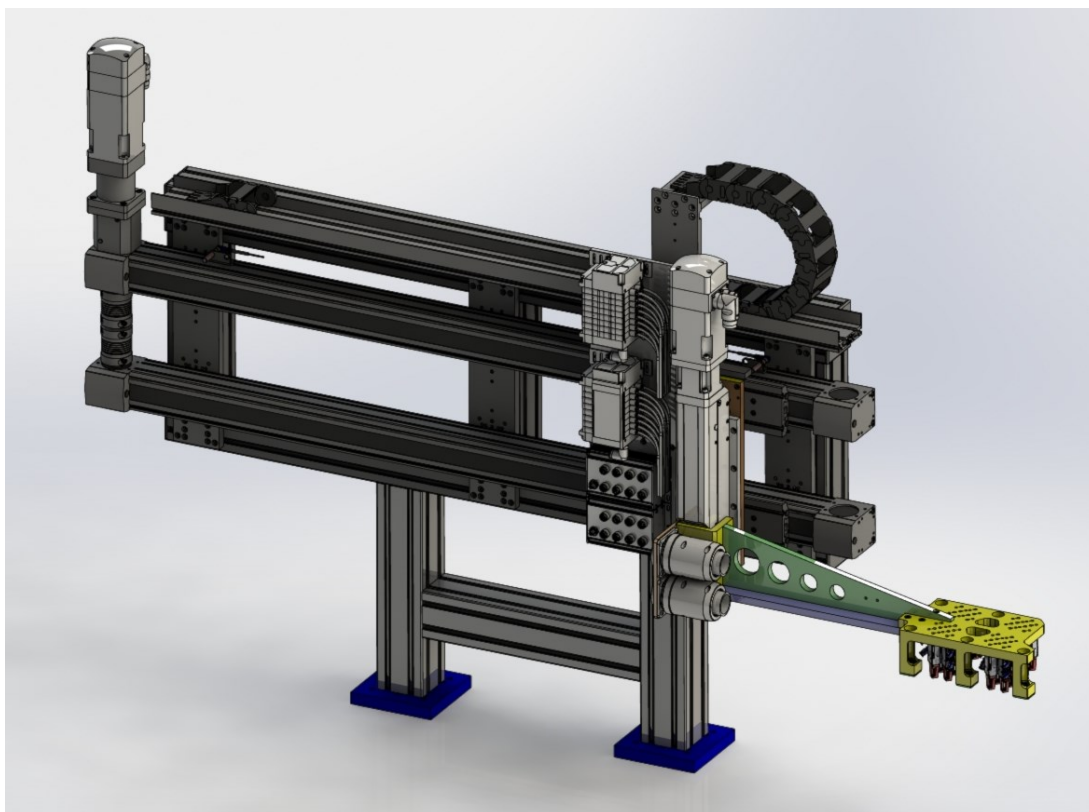
Obr. 5.16 - portálový manipulátor Festo

Na manipulátoru je již vyhrazen prostor pro montáž pneumatických ventilových jednotek a převodníků signálu ze senzorů.



Obr. 5.17 - pohon s ozubeným řemenem DGE-ZR-RF [30]

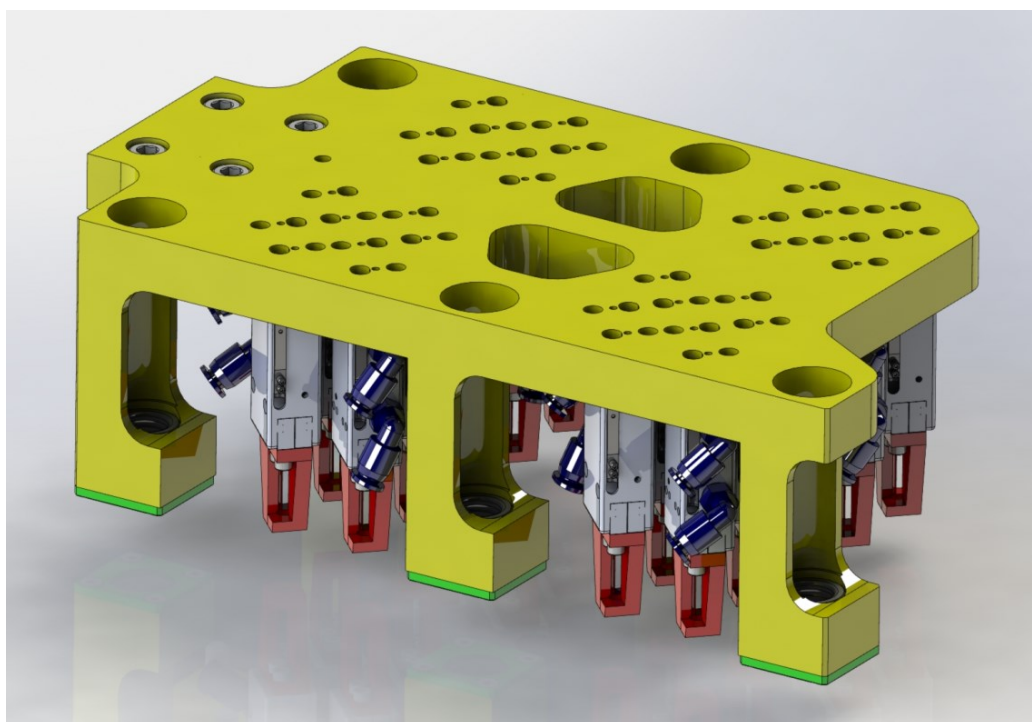
Na konci letmého pohonu je umístěno rameno, které prodlužuje pracovní prostor do oblasti nad stolem vstřikovacího lisu. Rameno je vyrobeno ze slitin hliníku, obsahuje odlehčovací otvory a dva konektory pro pneumatické hadice. Ty dovolují snadné rozpojení hadic v případě demontáže efektoru v rámci údržby.



Obr. 5.18 - osazený manipulátor

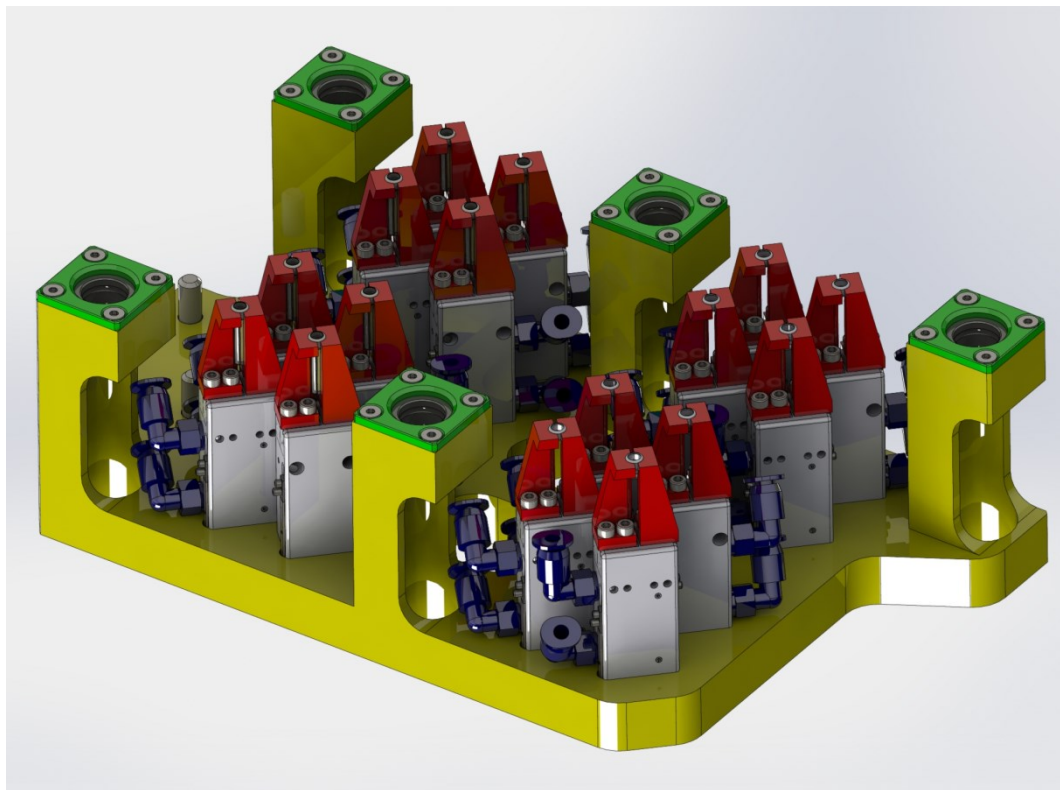
5.6. Efektor pro odběr filtrů a nasazování kroužků

Efektor umístěný na rameni portálového manipulátoru slouží k přenesení nerezových kroužků z rozdělovače kroužků na formu a následnému odebrání hotových filtrů, které přemístí nad skluzu pro hotové díly.



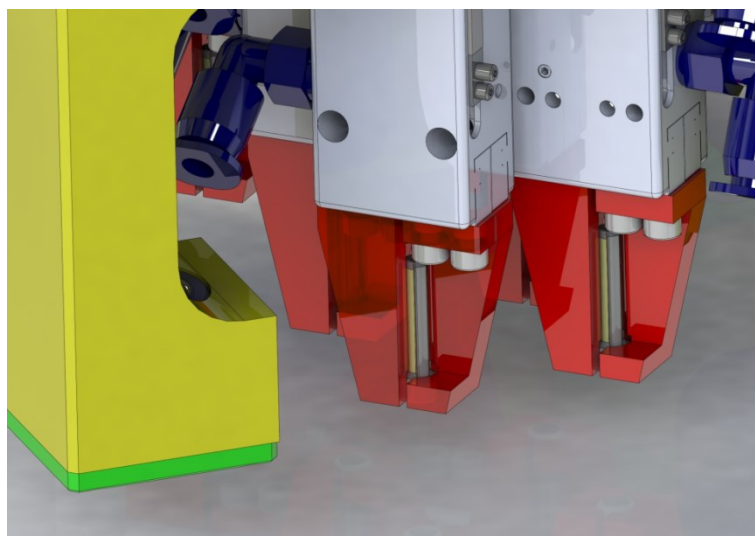
Obr. 5.19 - efektor pro odběr filtrů

Základna efektoru je vyrobena ze slitiny hliníku (AL 7075) pro minimalizaci hmotnosti. V rozích jsou umístěny normalizované vodící pouzdra, které zajišťují přesnou polohu efektoru během najíždění nad formu a rozdělovač kroužků. Vodící pouzdra jsou zajištěna příložkami z již běžných hliníkových slitin (AL 1060).



Obr. 5.20 - efektor pro odběr filtrů

O úchop dílů se starají pneumatické grippery Sommer automatic MGP803 [24] v počtu 16 kusů. Polovina gripperů slouží pouze pro úchop hotových filtrů (blíže k rameni), druhá polovina manipuluje s kroužky. Čelisti z nerezavějící oceli jsou pro všechny grippery stejné, vyrobené filtry jsou tedy uchopovány opět za kroužek.



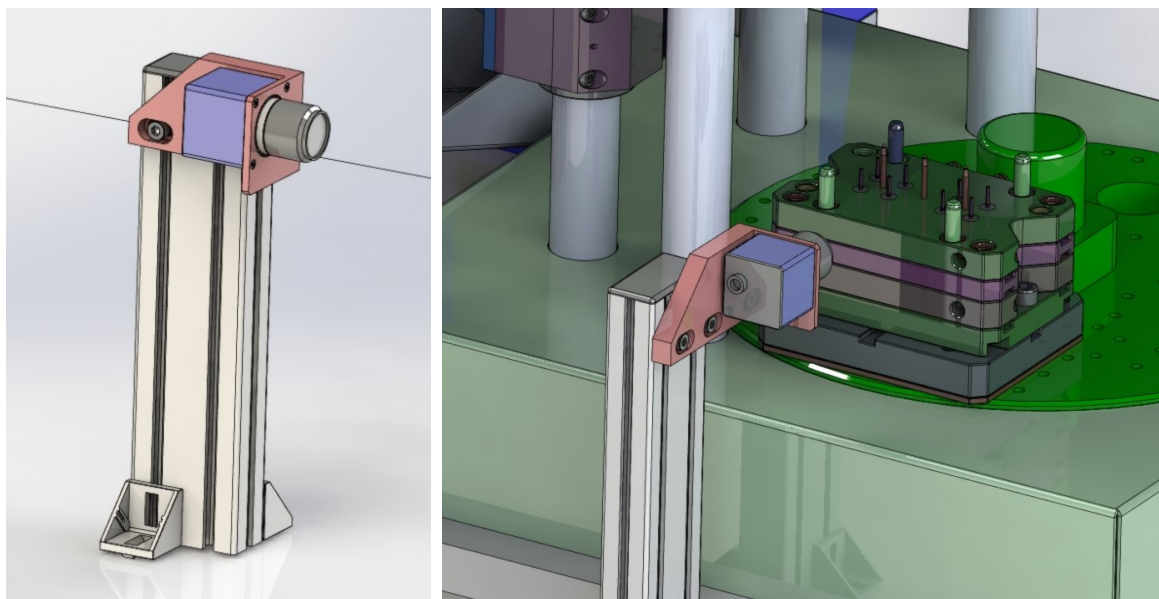
Obr. 5.21 - úchop filtru

Díky senzorům koncových poloh je vyhodnocováno uchopení všech osmi vyrobených filtrů. Pokud je při odebírání zaznamenán chybějící kus, je cyklus stroje zastaven. Chybějící kus signalizuje pravděpodobné zaseknutí filtru ve vtokové vložce ve formě ST namísto jeho setrvání na trnu formy SV.

Z tohoto důvodu jsou filtry odebírány před samotným zavřením formy na předchozí pozici. Zavření formy se zaseknutým kusem ve vtokové vložce na další formu ST s již novým kroužkem může způsobit i přes ochranné systémy vstřikovacích lisů vážné a nákladné poškození forem, které obvykle končí neopravitelným poškozením zasažené tvarové vložky a zlomením trnu.

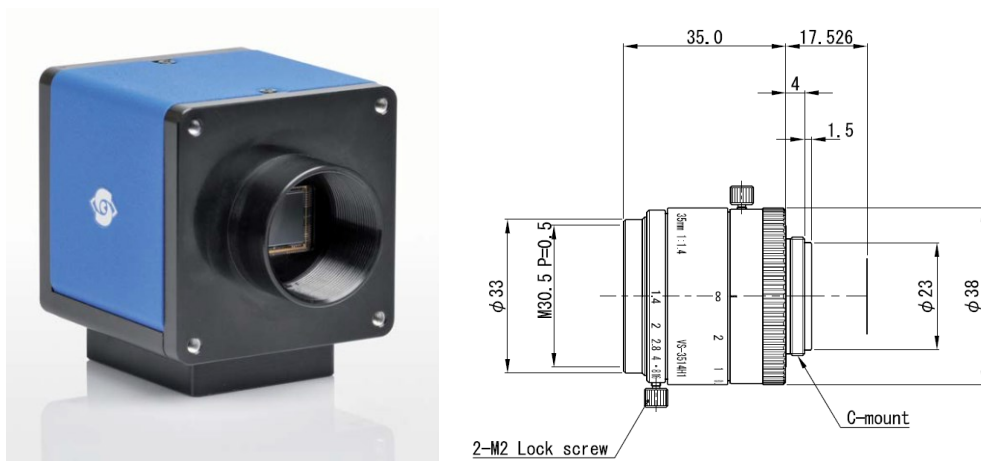
5.7. Kamerová kontrola

Pro správné rozlišení shodných a defektních kusů je využita statická kamera na pozici pod efektozem. Toto je konstrukční změna vůči předpokládanému umístění s dvojicí kamer na efektoru během návrhu variant řešení. Kamery na efektoru zvyšují jeho hmotnost a především nelze kvůli omezenému prostoru na straně s vstřikovací jednotkou využít vhodný objektiv kamery.



Obr. 5.22 - statická kamera

Nové řešení s jedinou statickou kamerou SVCam-EVO [19] ve spojení s objektivem VS-3514H1 [38] také lépe řeší ostření na přibližně stejnou vzdálenost. Kontrolovaným místem na filtru je jeho horní část, kdy nesmí být viditelná mezera mezi sítí a tělem filtru (sít' nasazena moc nízko, špatná délka odřezané sítě - krátká, špatné zalití plastem), nebo naopak nesmí vlákna sítě přecházet nad horní hranu filtru (nedostatečně nasazená sít', špatná délka odřezané sítě - dlouhá).

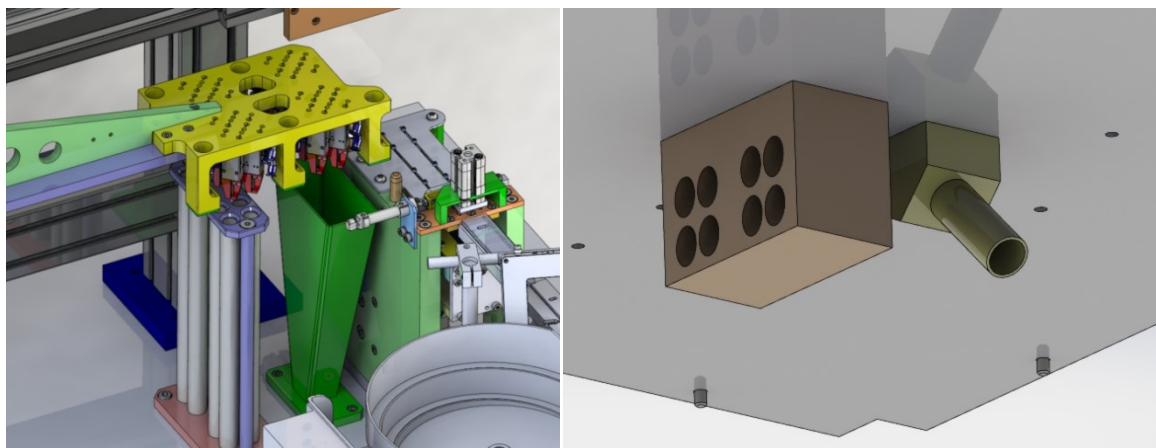


Obr. 5.23 - použitá kamera a objektiv [19][38]

Umístění kamery dovoluje přímý pohled na všech 8 vyrobených filtrů bez stínění. Kamera má rozlišení 8 MegaPixelů, vyhodnocovaný obraz je však programově ořezán jen na nutnou oblast.

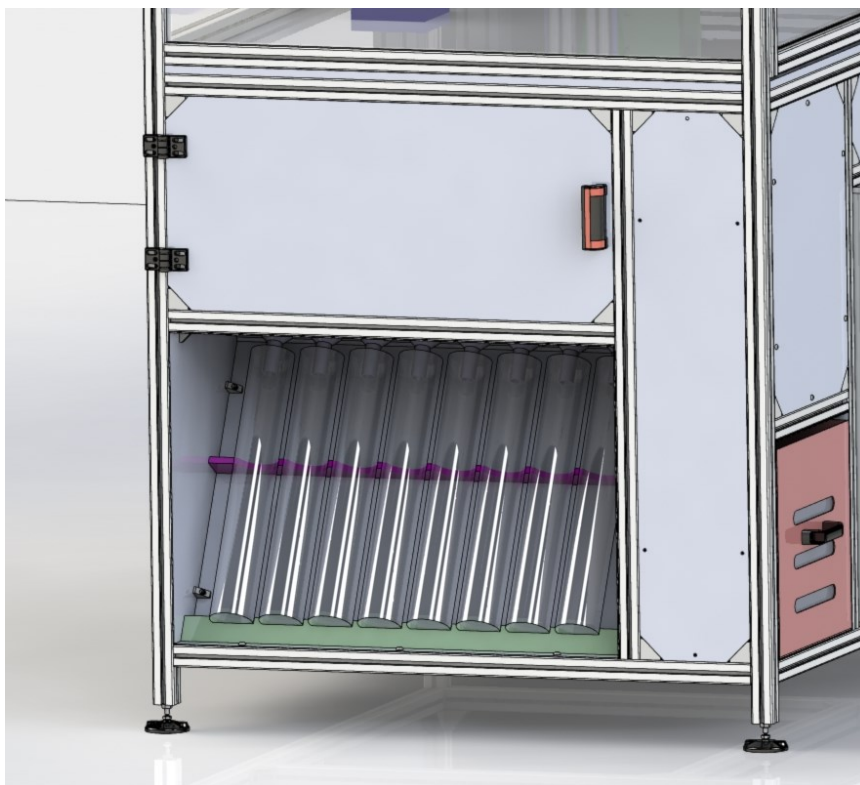
5.8. Skluzy a zásobníky vyrobených dílů

Shodné filtry jsou efektoem přesunuty nad skluz shodných dílů, který je tvořen osmi průhlednými trubicemi z polykarbonátu ve stejných roztečích jako trny formy, které dopraví uvolněné filtry do oblasti pod základní deskou. Zde se nachází rozváděcí kostka, která má výstupy směřované do různých stran. Na výstupy rozvaděče jsou pak vsazeny polykarbonátové trubice, které jsou již tvarovány do potřebných drah k zásobníkům.



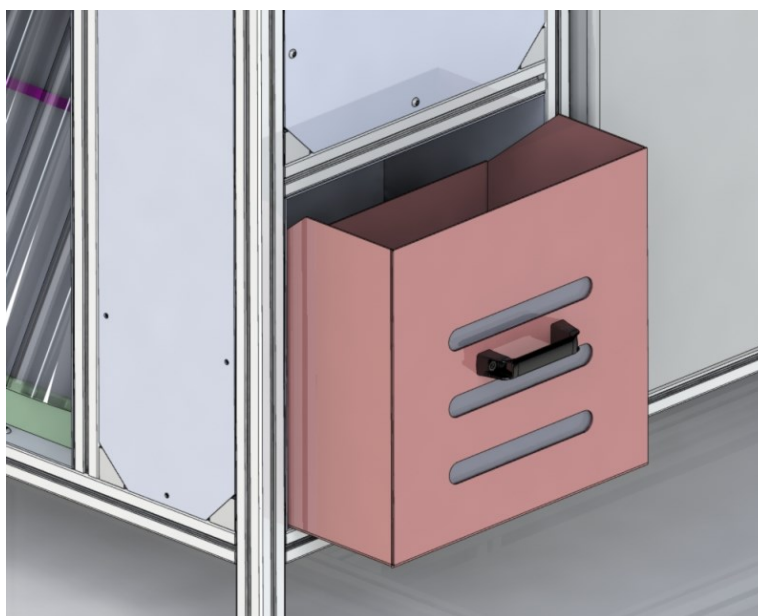
Obr. 5.24 - skluzy dílů

Neshodné filtry jsou uvolněny nad skluzem zmetků, který je tvořen plechovým trychtýřem a směrovací kostkou pod základní deskou. Na tu navazuje tvarovaná polykarbonátová trubice s výstupem nad šuplíkem zmetků.



Obr. 5.25 - zásobníky shodných dílů

Zásobníky shodných dílů jsou tvořeny velkými polykarbonátovými válci s vlepeným dnem. Pro každou kavitu je určen jeden zásobník a lze tak jednoduše zpozorovat případnou zvýšenou zmetkovitost konkrétní kavity při nepoměru filtrů v zásobnících.

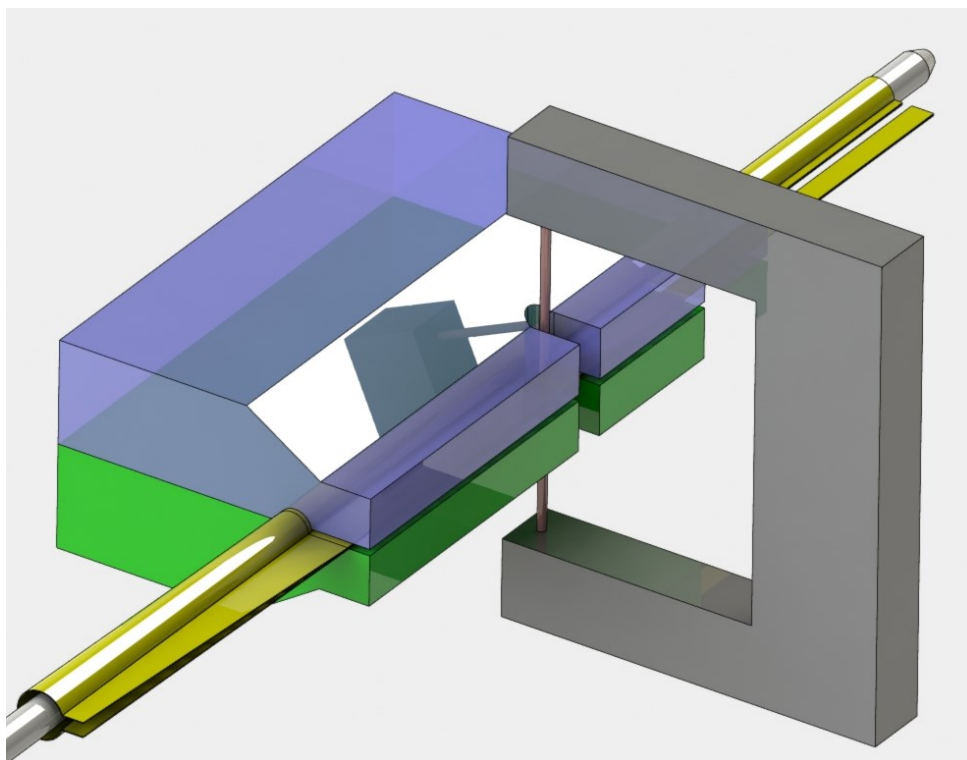


Obr. 5.26 - šuplík pro neshodné díly

Neshodné díly putují do určeného šuplíku, který je vyroben z nerezového plechu, doplněného o plastové madlo a polykarbonátové průzory indikující úroveň zaplnění.

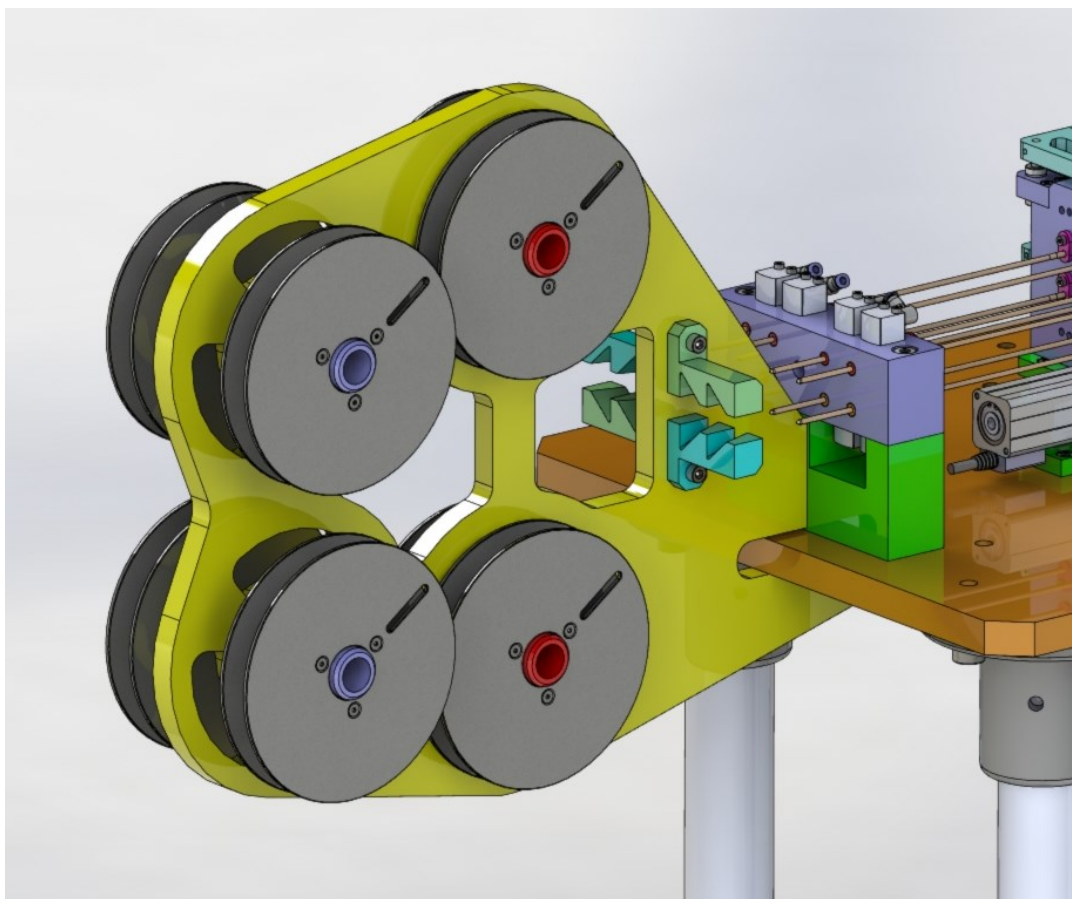
5.9. Pálení filtračních sítí

Plastové filtrační sítě jsou standardně dodávány ve formě pásu navinutého na cívkách. Proto je nutné nejprve z pásu vytvořit trubici o daném průměru. Vzhledem ke krokovému odebírání sítí je nereálné provádět tuto operaci přímo na výrobním automatu. Z tohoto důvodu je na dedikovaném stroji síť zpracována - podélně zahnuta kolem dlouhého kolíku do tvaru U a nasměrována do domečku pálení. Zde se ve výřezu nachází rozžhavený odporový drát, který zataví překlad sítě a odřízne přebytečnou síť. Poloha drátu je průběžně kontrolována a v případě potřeby seřízena mikrometrickým posuvem.



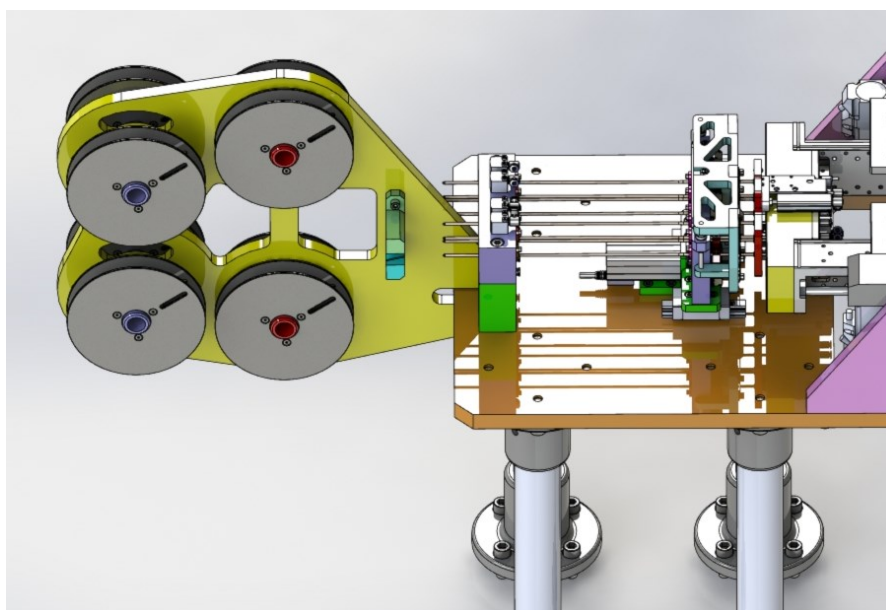
Obr. 5.27 - princip pálení sítí do trubic

Takto zpracovaná síť je navinutá na cívky ze kterých je poté odvíjena pálícím zařízením automatu. Bočnice cívek jsou vyrobeny z polypropylenu černé barvy, středový náboj poté z polykarbonátu, který je doplněn vrtem s odpruženou kuličkou, jež zajišťuje otáčení kotouče v určené dráze na hřídeli stroje. Cívky jsou umístěny na hřídelích mimo automat a jsou vybaveny drážkami v bočnicích pro snadnou kontrolu stavu zbývajících sítí.



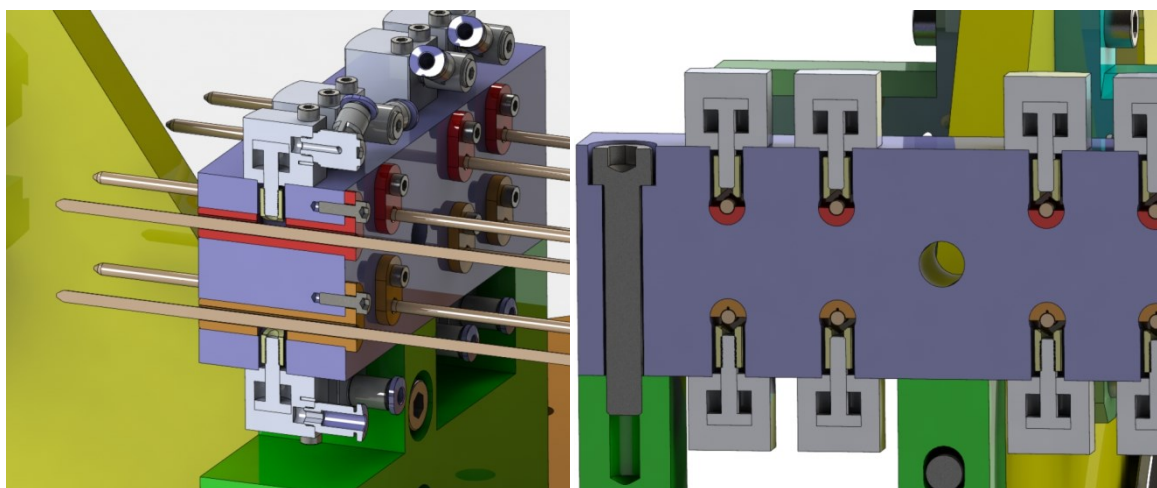
Obr. 5.28 - cívky filtračních sítí

Správné navedení trubic na kolíky pálicího zařízení obstarávají čtyři nerezové "navaděče", které složenou síť naorientují švem po svařování nahoru. Z tohoto důvodu je nutné při nasazování cívek dbát na jejich správnou orientaci. Následně jsou trubice nasunuty na dlouhé kalené kolíky. Ty se starají o udržení správného tvaru sítě a provedení rovného řezu během krácení sítě na míru.



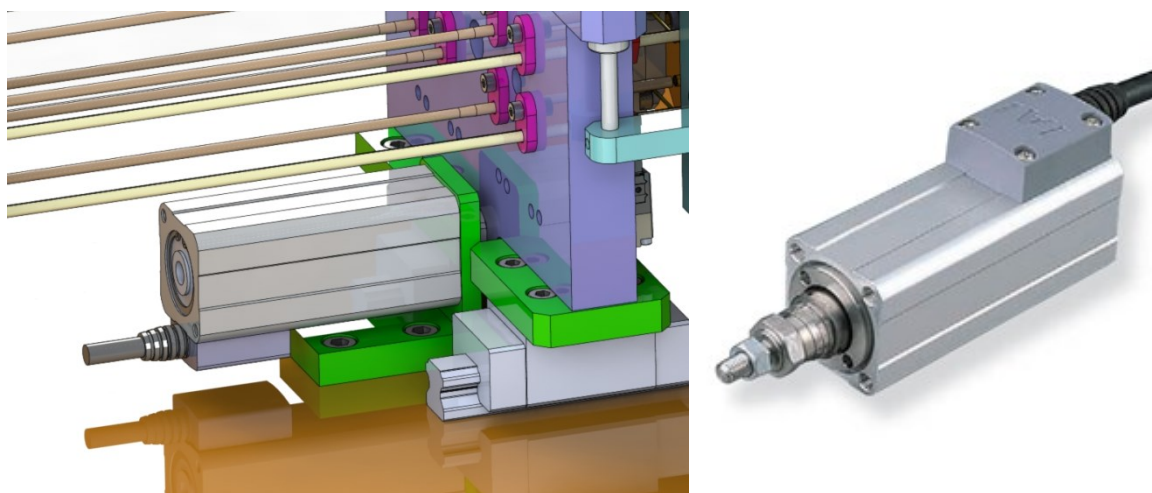
Obr. 5.29 - vedení filtrační sítě

Kolík s navlečenou sítí nejprve prochází pevným domkem s vložkami, které udržují šev sítě v pozici 12 hodin. To je dáno požadavkem na přesnou orientaci sítě ve filtru - šev po svaření sítě musí být zalit v jednom ze dvou žeber filtru a nenarušovat tak filtrační plochu. Ve vložkách jsou výřezy pro přidržovací písty Festo AEVC-10-5-A-P [41], které mají za úkol fixovat kolíky se sítí během pohybu druhého domku směrem zpět. Písty jsou jednočinné, uvolnění zajišťuje pružina. Na konci pístní tyče je pryžová koncovka ve tvaru písmene V která sevře kolík se sítí proti vložce.



Obr. 5.30 - řez prvním domkem pálení sítě

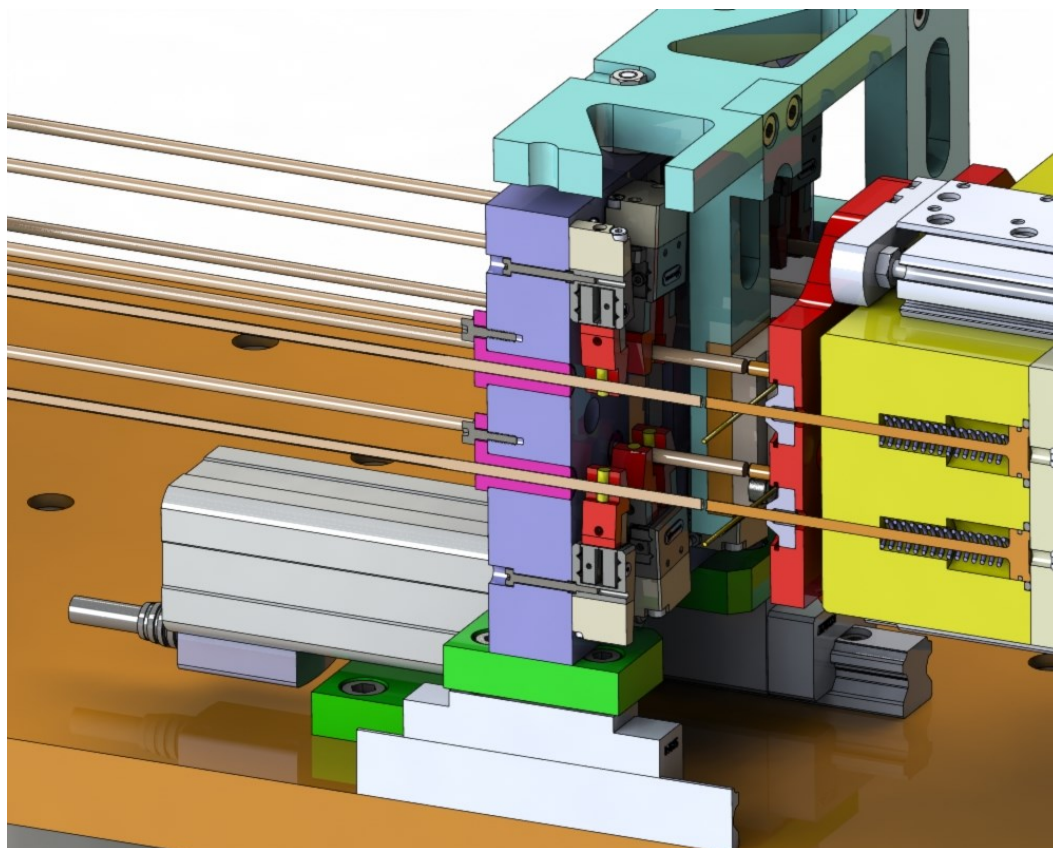
Druhý domek je již pohyblivý a jeho posuv zajišťuje elektrický pohon IAI RCA2-RP4N [31], který výrobce řadí do kategorie ROBO Cylinder. Tento kompaktní pohon je vybaven kuličkovým šroubem, integrovaným odměřováním a vestavěným servomotorem, přičemž tvarem připomíná moderní pneumatický píst. O vedení domku se stará dvojice kolejnicových vozíků s oběžnými kuličkami HGH15CA [13].



Obr. 5.31 - lineární pohon RCA2-RP4N [32]

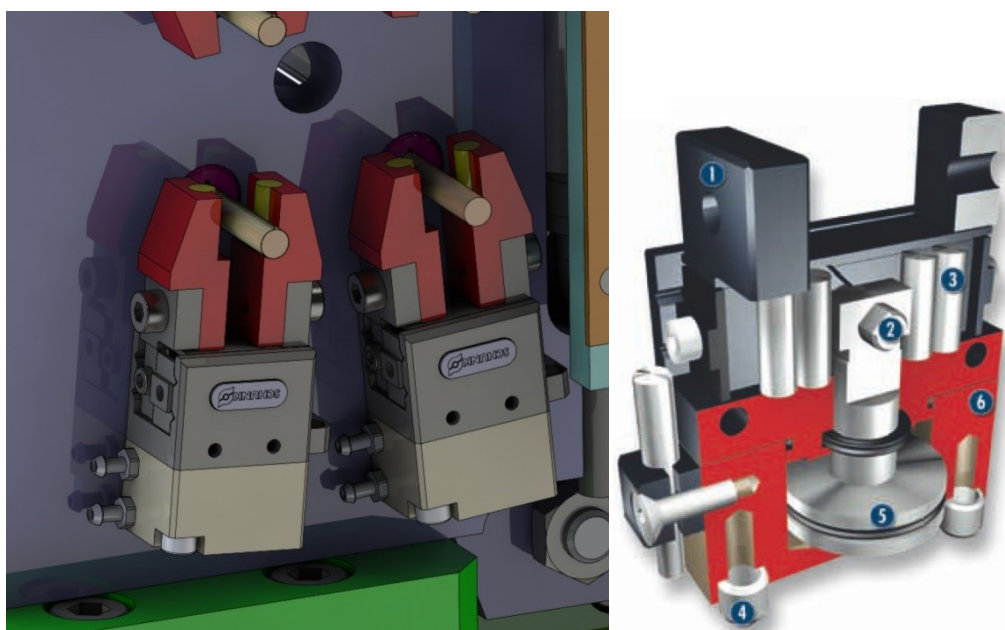
Vložky pro průchod kolíku se sítí jsou podobné těm v prvním domku, ovšem zde je průměr kolíku lehce větší a otvor vložky naopak menší. Tím je docíleno těsnějšího vedení

sítě, která zde již musí být vedena přesně a napnutě po kolíku s nepatrně větším průměrem, než jaký mají trny překládacího zařízení.



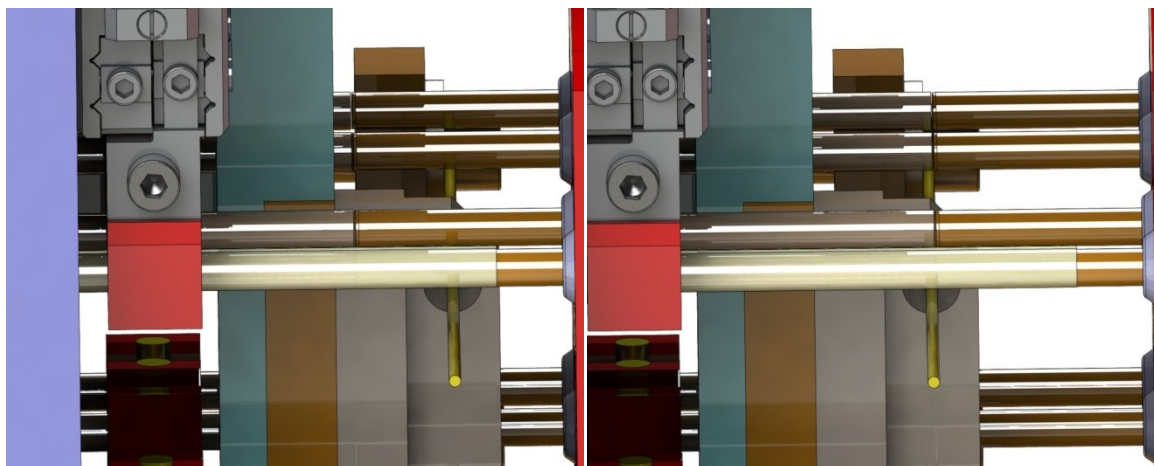
Obr. 5.32 - řez posuvným domkem pálení sítě

Pro posuv sítě jsou použity pneumatické paralelní gripper Schunk MPG 16 [28] osazené kleštinami s vlepenými pryžovými válečky. Ty zajišťují bezpečný a jistý posuv sítě po kolíku.



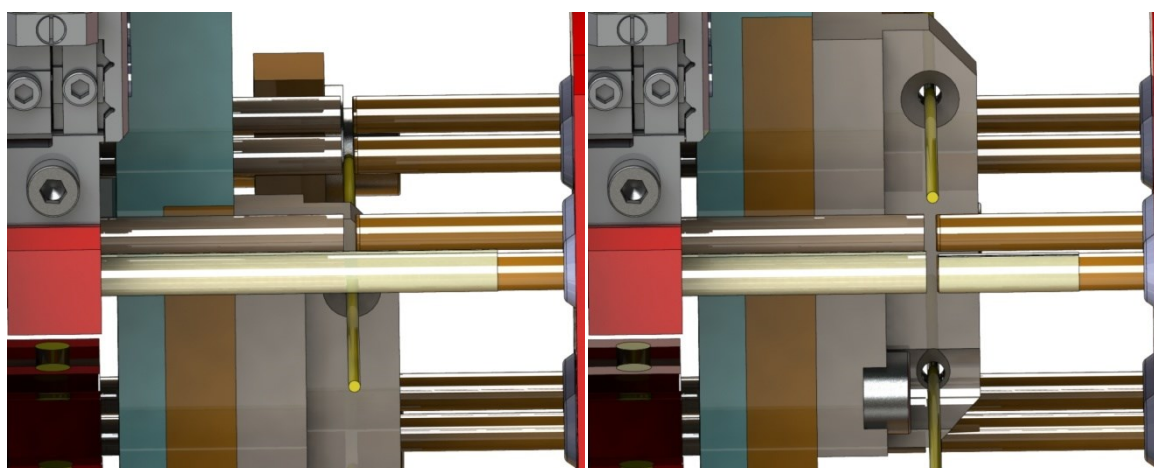
Obr. 5.33 - gripper MGP 16 [28]

Samotné kolíky se při posuvu sevřených čelistí pohybují se sítí dokud nenarazí na trny překládacího zařízení. Kolíky se o ně zastaví, síť ovšem pokračují dále na trny. Po nasunutí potřebné délky sítě se posuvný domek zastaví, aktivují se přídržné písty na prvním domku a grippery jsou deaktivovány. Teprve po zajištění kolíků proti pohybu se posuvný domek vrátí zpět do výchozí polohy.



Obr. 5.34 - nasunutí sítě na trny (vlevo) a návrat posuvného domku do výchozí polohy

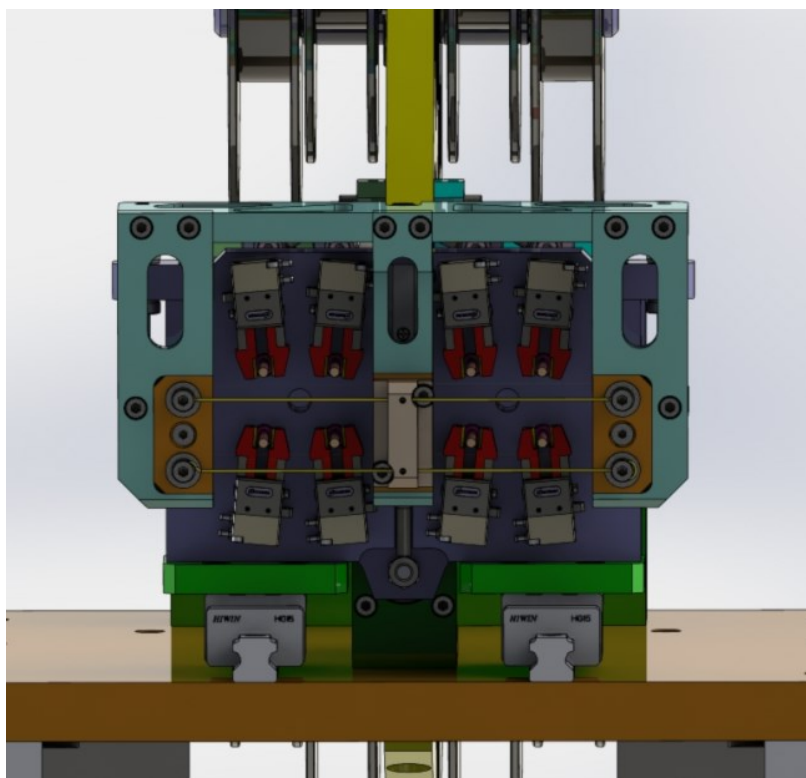
Další fází je vytvoření mezery pro upálení sítě. V tomto okamžiku jsou přídržné písty deaktivovány, grippery se sevrou a posuvný domek udělá krátký pohyb vpřed a vzad. Díky tomu se síť nasune o několik milimetrů dále, opět se vrátí do původní polohy, ale při tomto zpětném pohybu se s ní vrátí i kolík sítě, díky čemuž vzniká mezera mezi kolíky a trny překládacího zařízení, kudy může být proveden řez.



Obr. 5.35 - vytvoření mezery (vlevo) a odřezání sítě

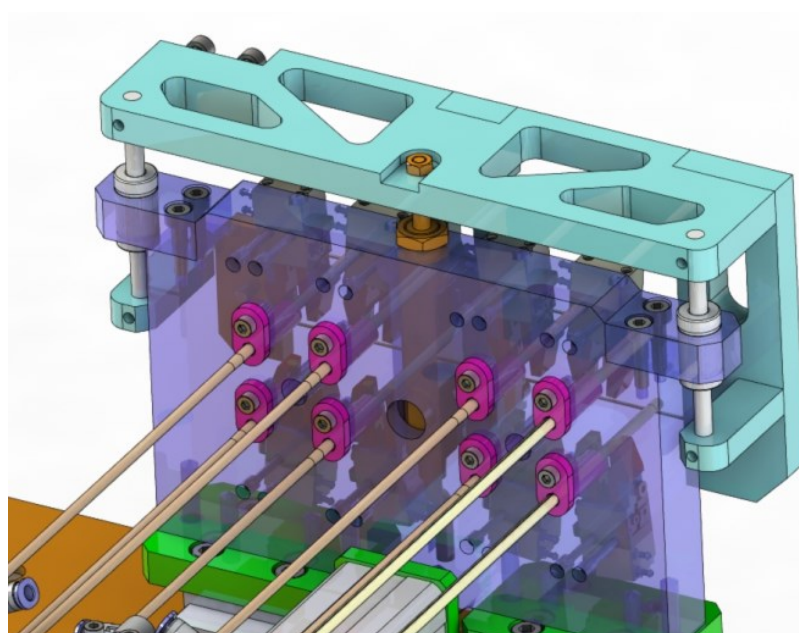
Odřezání sítě je provedeno rozžhaveným odporovým drátem, který je nevodivě upevněn na hliníkové konstrukci (skeletu). Tato konstrukce je po stranách posuvného domku vedena kuličkovými vozíky LME-05 [22] a poháněna kompaktním lineárním aktuátorem IAI RCD-RA1DA [25], který je zapuštěn v tělese domku. Vysunutím

konstrukce pálení nahoru dojde k bezpečnému odřezání (respektive utavení) sítě bez vzniku otřepů.



Obr. 5.36 - konstrukce pro odřezání sítě

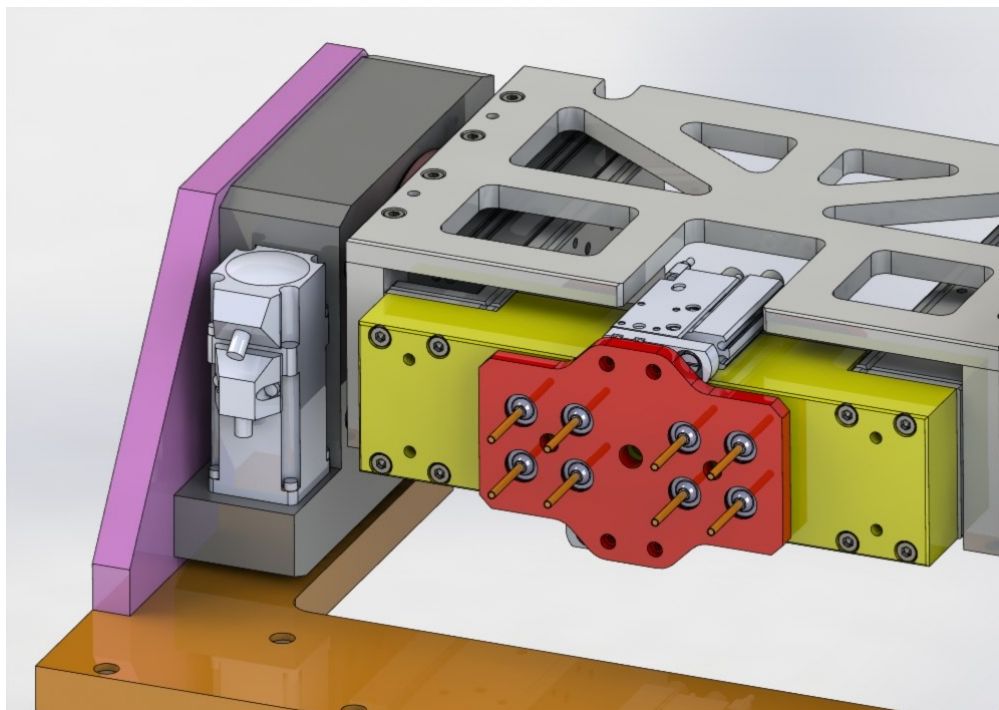
Odporové dráty jsou přítomny dva, jejich přívody jsou izolovány deskami z pertinaxu. Uprostřed jsou dráty navíc zajištěny mosazným průvlakem, který tvoří podporu a minimalizuje tak jejich průhyb a opotřebení. Přívody kladných pólů elektrické energie jsou na krajních ramenech, záporný pól se připojuje na průvlak uprostřed.



Obr. 5.37 - pohon RCD-RA1D zapuštěný v tělese domku

5.10. Překládání sítí na formu

Sítě o správné délce jsou přesunuty na trny formy SV pomocí překládacího zařízení. To je tvořeno překládací hlavou, jednotlivými trny pro sítě se stejnou roztečí jako trny formy, stírací deskou a pohony pro natočení a posuv.



Obr. 5.38 - zařízení pro překládání sítí na formu

Těleso překládací hlavy je vyrobeno ze slitiny hliníku (AL 7075) a je povlakováno tenkou vrstvou uhlíkového povlaku se sníženým třením DLC [29]. Tímto je docíleno nízké hmotnosti tělesa a zároveň vysoké odolnosti proti abrazi při pohybu trnů.

> kluzné povlaky

LISS

DLC



Kluzná vrstva na bázi uhlíku ke snížení tření.

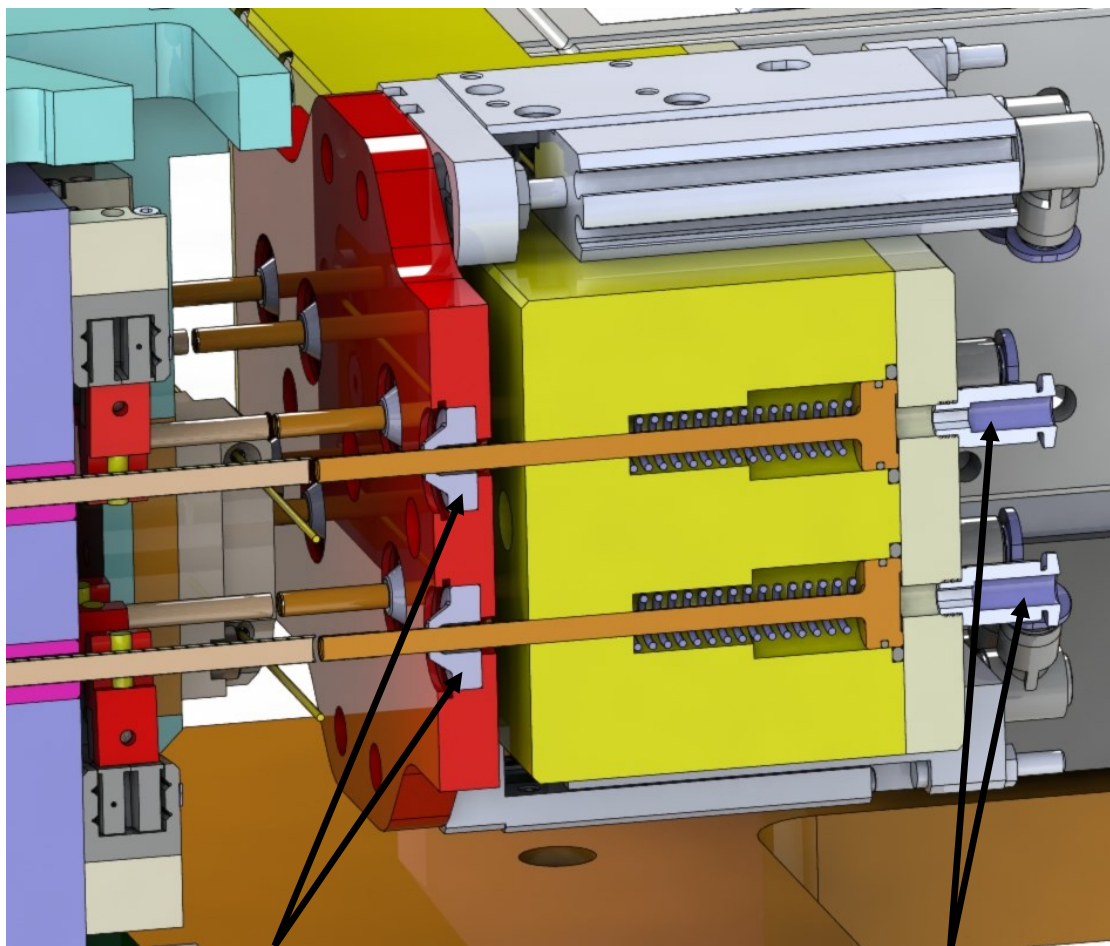
Využití:
Pohyblivé části forem a strojů, lze použít samostatně nebo v kombinaci s tvrdou vrstvou.

Technické parametry:

barva:	černá
max.teplota použití:	400°C
tvrdost:	25 GPa (2500 HV)
koefficient tření:	0,15
tloušťka povlaku μm:	1-4
teplota depozice:	250 °C

Obr. 5.39 - specifikace povlaku DLC [29]

Trny jsou vyrobeny z kalené oceli a plní funkci pneumatických pístnic. V zasunuté poloze jsou udržovány pružinami po celou dobu přípravy filtračních sítí. Po natočení a přiblížení hlavy nad formu je však regulovaně přiveden tlakový vzduch a pístnice tak jemně dosednou na trny formy.



STÍRACÍ KROUŽKY

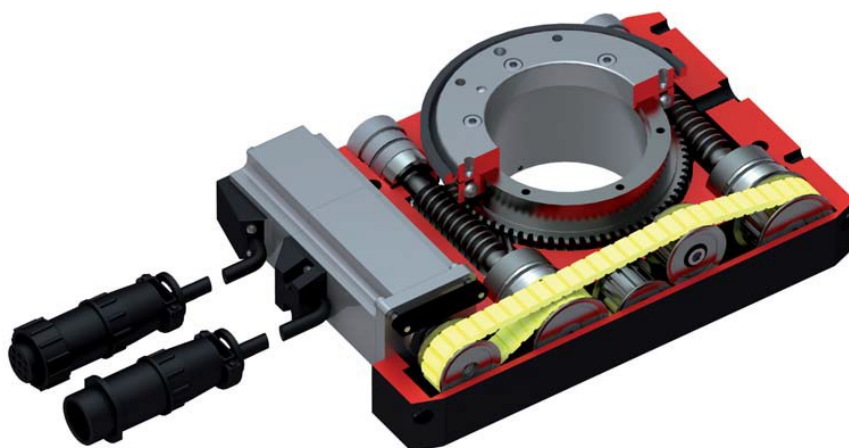
Obr. 5.40 - řez překládací hlavou

PŘÍVOD VZDUCHU

To je obzvlášť nutné pro ochranu tvarových trnů formy, které jsou z důvodu vysoké tvrdosti po kalení (až 62 HRc) náchylné na rázy. Zároveň ale nemůže být použit měkký materiál pro překládací trny (např. mosaz), protože hrozí riziko abraze a s tím spojené uvolňování mikroskopických částic kovu do sítě, což může zákazník brát jako důvod k reklamaci celé vyrobené série. Taktéž je vyloučena veškerá neušlechtilá ocel, která může začít rezivět.

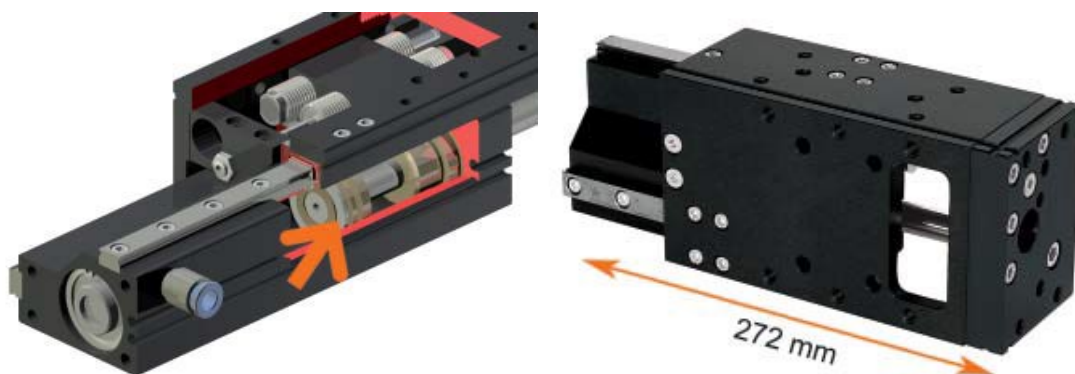
Po dosednutí trnů na formu je aktivována dvojice pneumatických pohonů Festo SLF-10-20 [34] s integrovaným vedením a stavitelnými dorazy, které posunou stírací desku směrem k formě. V desce jsou umístěny stírací kroužky z pružného polymeru, které přesunou připravenou síť na formu.

Součástí překládacího zařízení jsou dva pohony DES140 [11] firmy Sommer automatic, zajišťující natočení hlavy o 90°, a také lineární posuvy LSX25-100 [23] pro přiblížení hlavy k pálicímu zařízení a posléze k formě.



Obr. 5.41 - řez rotační jednotkou DES140 [11]

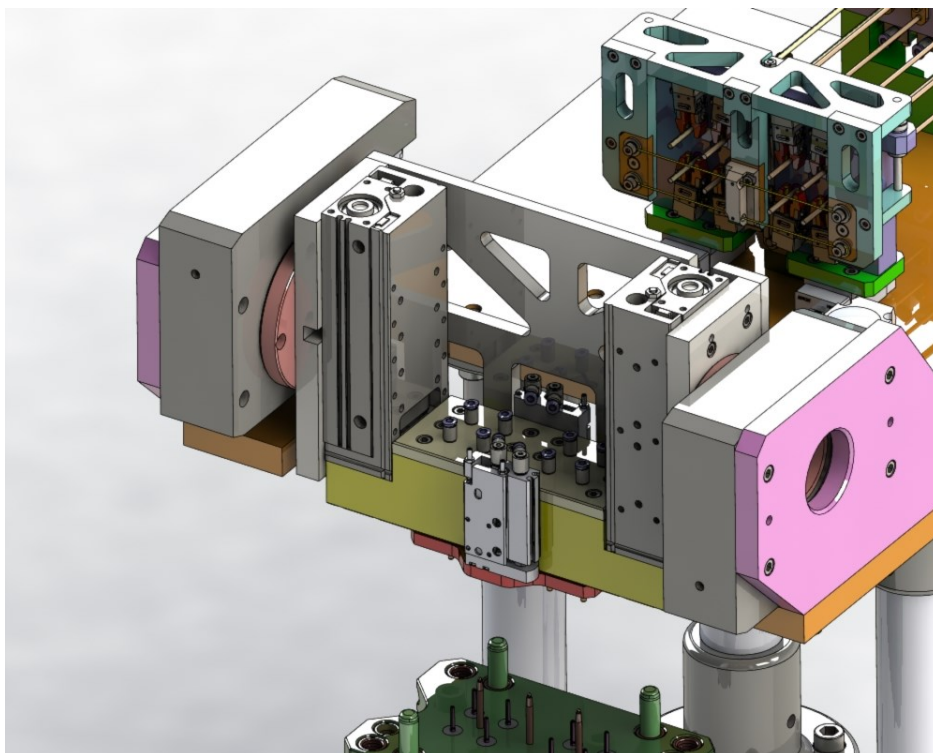
Rotační jednotka DES140 je samosvorná, obsahuje servomotor s odměřováním, které nevyžaduje najetí do referenčního bodu, a velké ložiska dovolují přenášet vysoká zatížení.



Obr. 5.42 - lineární jednotka LSX [23]

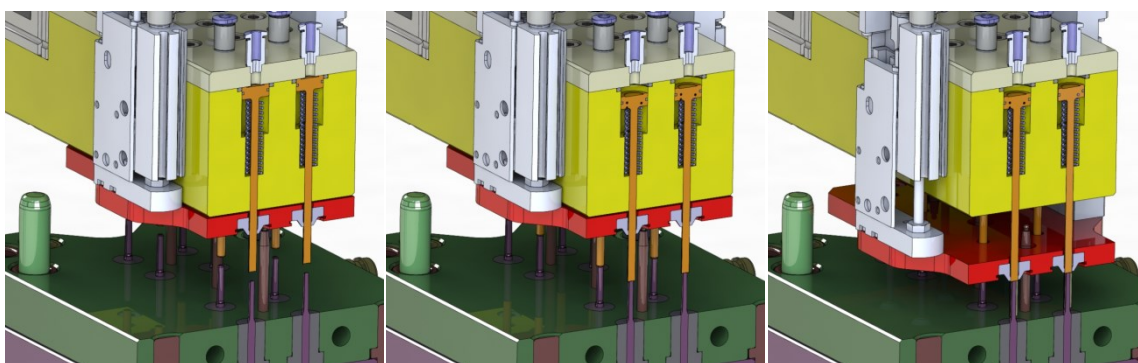
Pneumatická lineární jednotka LSX-25-100 je osazena dvojicí lineárních vedení, nastavitelnými dorazy s tlumením a především vyniká vysokou stabilitou a tuhostí jezdce i při plném vysazení.

Během rotace překládacího zařízení jsou lineární jednotky vždy zcela zasunuty pro snížení potřebného točivého momentu na rotační ose a pro vyloučení kolize s dalšími díly.



Obr. 5.43 - rotace překládacího zařízení

Kostra spojující rotační a lineární jednotky je vyrobena ze slitiny hliníku (AL 7075). Náboj na rotační jednotce z běžné konstrukční oceli, zajišťující smontovatelnost zařízení, je ve ose ponechán dutý pro provlečení pneumatických hadic a kabelů ze senzorů. Celá sestava pro pálení a překládání sítí je nakonec připevněna na ocelovou desku tloušťky 20 mm, která je držena čtveřicí sloupových podpěr.



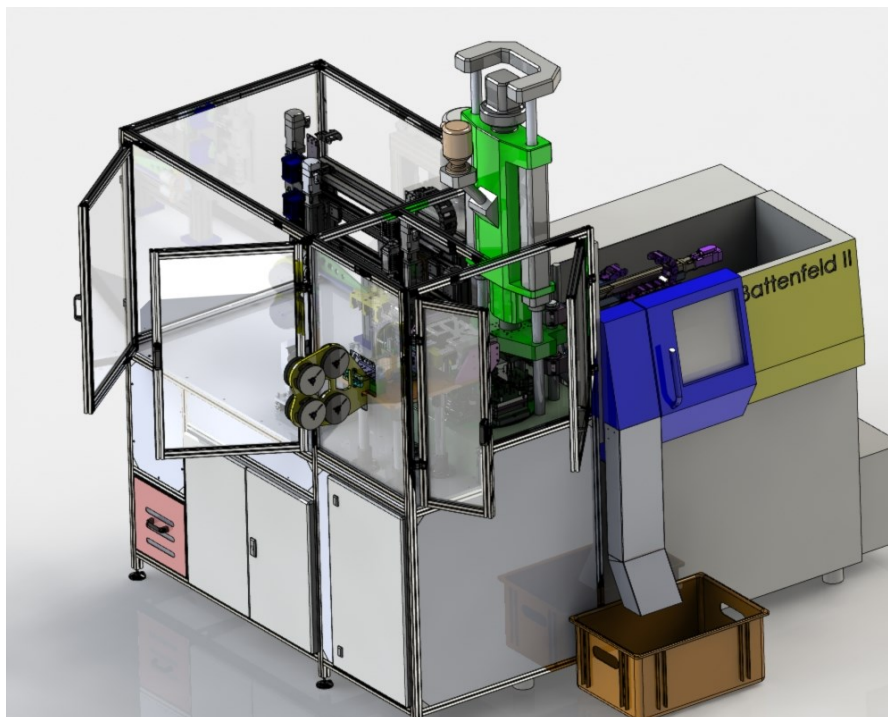
Obr. 5.44 - přiblížení hlavy, dosednutí trnů a přeložení sítí

5.11. Rám stroje

Rám je vyroben ze šroubovaných hliníkových konstrukčních profilů velikosti 40 od českého výrobce Alutec K&K [15], který taktéž dodává i prvky spojovacího materiálu, madla, stavitelné nožky, panty oken a těsnící pryže pro výplně oken.

Montážní plochu tvoří hliníkové desky tloušťky 15 mm, venkovní kryty jsou z eloxovaných hliníkových plechů tloušťky 2 mm a jako okenní výplň jsou použity polykarbonátové desky o síle 5 mm.

Celý rám je po prvotním ustavení manipulátoru a překládacího zařízení vůči formám pevně sešroubován se vstřikovacím lisem. I během stěhování automatu po hale je doporučováno tyto spoje neuvolňovat a přenášet stroj jako jeden celek.



Obr. 5.45 - servisní okna

Dvojice menších oken pro přístup k formám, pálení sítí a překládacímu zařízení se nachází na pravém boku automatu, zatímco velké dvoukřídlé okna z čelní strany jsou určeny k doplňování kroužků a údržbě zařízení pro odběr filtrů. Malé dvířka nad zásobníky filtrů slouží k optické kontrole trubic shozu dílů.

V rámu stroje jsou rovněž vsazeny kompaktní elektrické rozvaděčové skříně, které kromě silových prvků obsahují i řídicích jednotky. Jedná se o plechové rozvaděče Rittal AE1180.500 (rozměry 1000×800×300 mm) a AE1090.500 (rozměry 1000×600×250 mm) [16] doplněné o chladicí ventilátory.

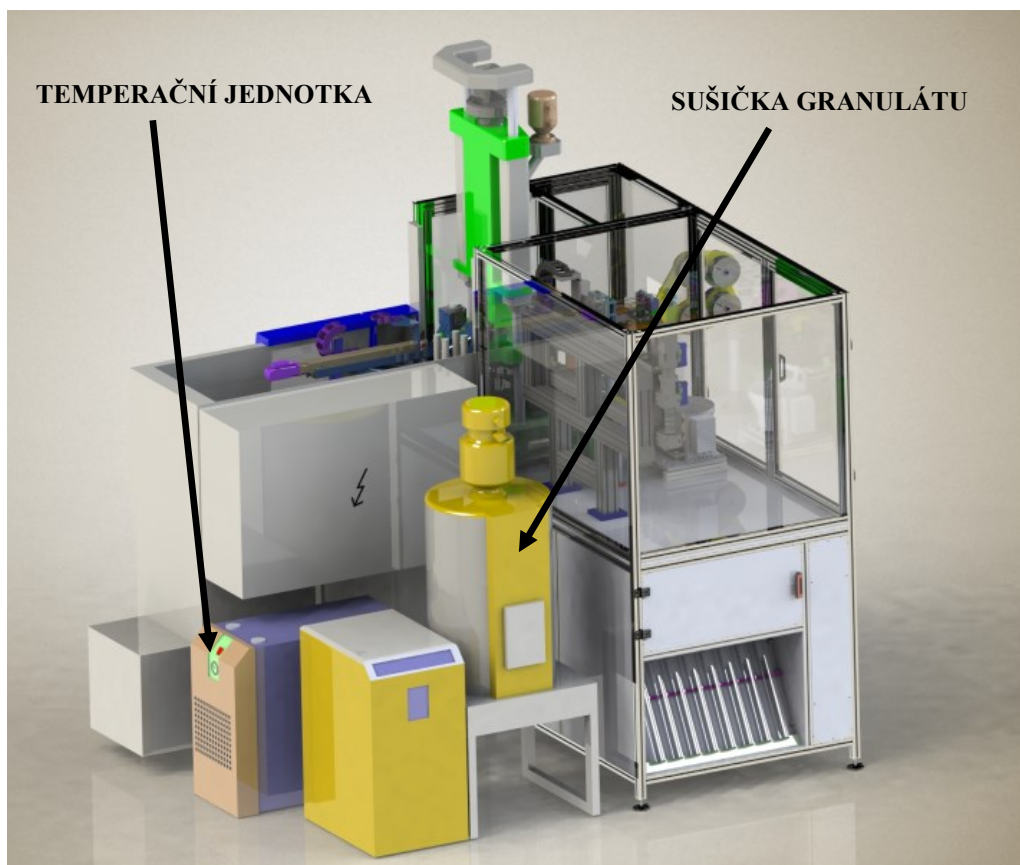
5.12. Potřebné příslušenství automatu

Pro správnou činnost zařízení je nutné zajistit stálou teplotu forem pomocí temperační jednotky, např. AEC Truetemp II [39]. Ta zajišťuje odpovídající chlazení nebo nahřívání forem při provozu a je napojena na centrální rozvod chladicí kapaliny (odpadní teplo je tak odváděno do centrálních výměníků).

Dále musí být zajištěn stálý přísun granulátu do vstřikovací jednotky. Toho může být docíleno buď napojením na rozvod s centrálním sušícím agregátem (pokud je touto technologií provozovna vybavena), nebo volně stojící sušičkou granulátu s vakuovým podavačem, např. Motan Luxor 50 [37].



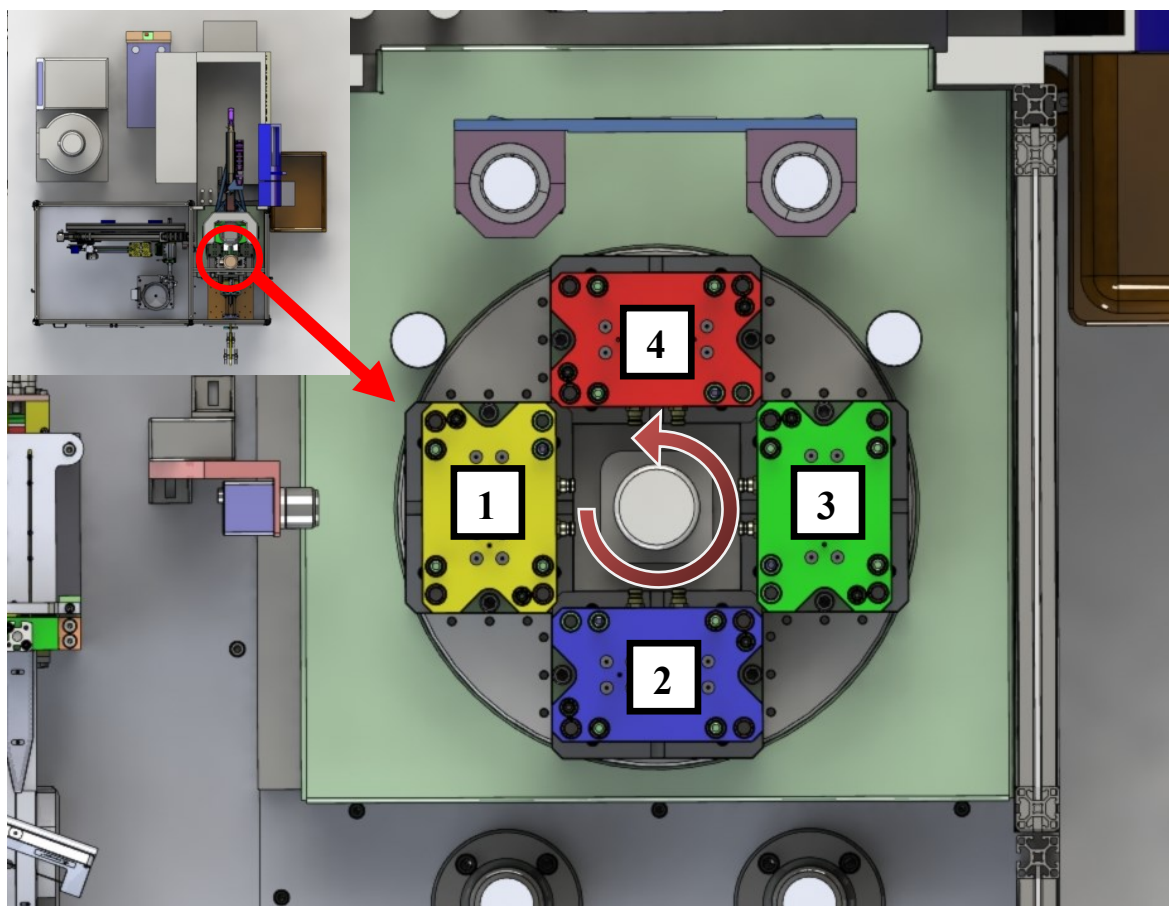
Obr. 5.46 - temperační jednotka AEC [39] a sušička granulátu Motan [37]



Obr. 5.47 - umístění temperační jednotky a sušičky granulátu

5.13. Průběh pracovního cyklu

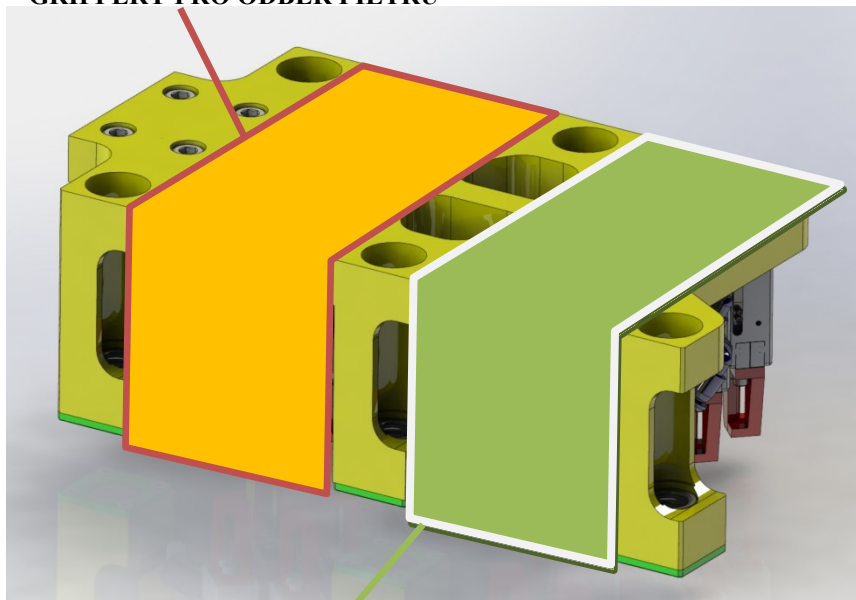
Pracovní operace probíhají souběžně na třech pozicích otočného stolu. Vstřikovací lis dostává pouze pokyny k otočení stolu na další pozici, vysunutí vyhazovače (který je umístěn pod pozicí č. 1) a aktivaci vstřikovacího procesu, při němž je spuštěn beran stroje dolů, vstřikovací jednotka zaplní dutiny formy plastem a po zatuhnutí materiálu se beran opět vrátí do původní pozice.



Obr. 5.48 - pozice otočného stolu

Pracovní cyklus začíná vždy po otočení pracovního stolu o 90°. Nejprve jsou nově vyrobené filtry na pozici č. 1 vyfoceny kamerou a získaná data se zpracovávají vyhrazeným řídicím systémem. Zároveň nad tuto pozici přijíždí efektor a svou zadní částí odebere vyrobené filtry, které jsou současně vyzvednuty vyhazovacím systémem vstřikovacího lisu a drží pouze na koncích tvarových trnů formy. Vyhození je nutné pro uvolnění filtrů z formovací drážky, která zajišťuje setrvání výstřiků na trnech i během rozevírání formy. Hned nato se efektor přesune o několik centimetrů vlevo a nasadí na trny kroužky, které drží již z minulého cyklu. Teprve poté jsou vyrobené filtry přesunuty nad skluzu dílů, přičemž je v případě správného odebrání všech osmi kusů vydán pokyn k aktivaci vstřikovacího procesu na pozici č. 4 (viz. ochrana formy v kapitole 5.6).

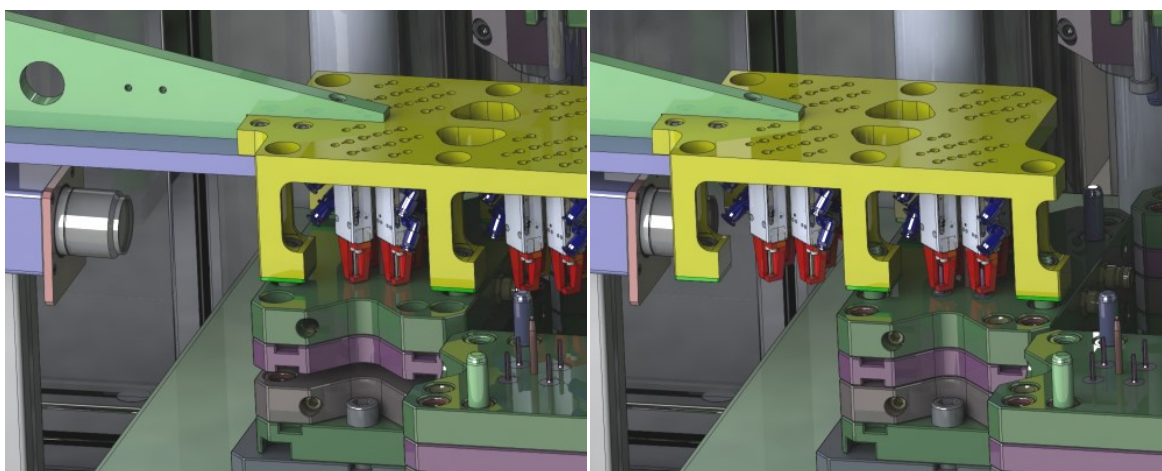
GRIPPERY PRO ODBĚR FILTRŮ



GRIPPERY PRO NASAZOVÁNÍ KROUŽKŮ

Obr. 5.49 - rozdělení efektoru pro odběr filtrů

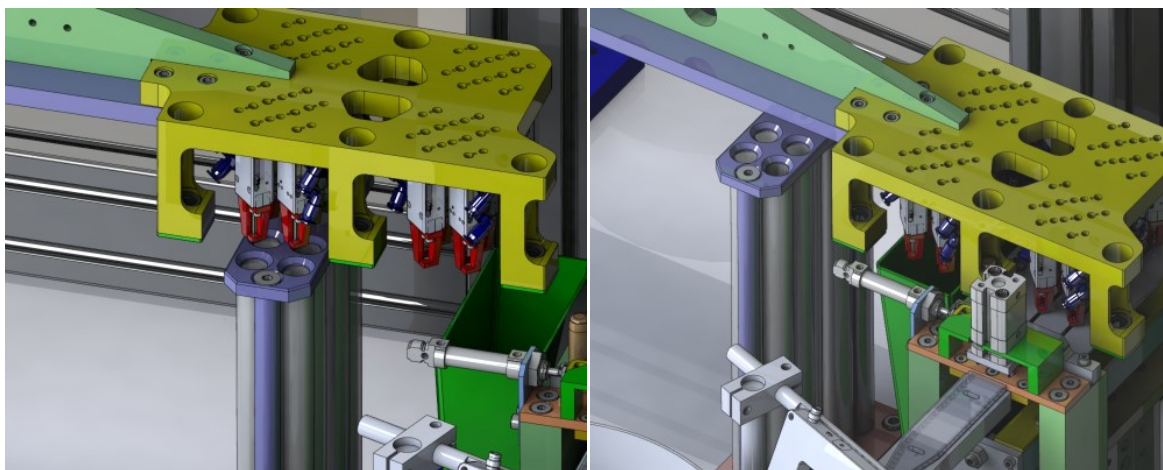
Během pohybu efektoru je vyhodnocen obraz z kamery, na jehož základě jsou nad skluzy pro shodné díly uvolněny grippery s odpovídajícími filtry. Následně se efektor přesune do pozice pro odběr již připravených nerezových kroužků z rozdělovače kroužků, přičemž jsou uvolněny grippery se zbylými (neshodnými) filtry nad skluzem pro zmetky.



Obr. 5.50 - odebrání filtrů (vlevo) a nasazování kroužků

Poté se efektor, respektive manipulátor pro odběr filtrů, vrátí do klidové polohy a čeká na další cyklus. Během této doby mezitím rozdělovač kroužků připravuje do správných rozestupů nové nerezové kroužky.

Překládací hlava nad pozicí č. 2 se na počátku cyklu překlápí a přesune na formu již připravené sítě. Po návratu překládacího zařízení do výchozí polohy je započat cyklus pálení sítí (natažení filtračních sítí na trny překládací hlavy a jejich správné odřezání). Po dokončení toho úkonu jsou zataženy lineární jednotky překládacího zařízení a následuje čekání na další cyklus.



Obr. 5.51 - uvolnění shodných filtrů (vlevo); odběr kroužků a uvolnění zmetků

Na pozici č. 3 neprobíhá žádný úkon, na formě jsou již připraveny nerezové kroužky i filtrační síť.

Před započetí vstřikovacího cyklu na pozici č. 4 je čekáno na pokyn řídicí jednotky, zda byly skutečně na předchozí formě přítomny všechny výstřiky, a to na základě dat z efektoru pro odběr filtrů. Po obdržení kladného signálu dojde k zavření formy a zastříknutí dutin, v opačném případě je cyklus zastaven a dojde k aktivaci optické a akustické signalizace stroje.

Po zastříknutí a otevření formy je pomocí manipulátoru pro odběr odpadu zajištěno vyjmutí vtokové soustavy z formovací desky. Odpad následně putuje skluzem až do bedny mimo pracoviště.

Po otevření formy a zastavení beranu ve výchozí pozici dojde k otočení stolu a tím i k dokončení cyklu. Všechny popsané operace se uskuteční do 15 vteřin, přičemž stroj nejdéle čeká na zastříknutí a zatuhnutí plastu ve formě. Teoretický objem výroby je 1920 ks za hodinu, přičemž po odladění procesu vstřikování (tlaky, teploty, doby jednotlivých fází) a rychlostí pohonů je možné výrobu ještě navýšit. Cívky s filtrační sítí, nerezové kroužky v KVZ i kapacita zásobníků vystačí minimálně na 2 hodiny souvislého chodu, poté je nutné automat odstavit a doplnit vstupní materiály.

Během odstávky je taktéž provedena základní údržba forem (očištění tvarových vložek a dosedacích desek, namazání lineárních pouzder a trnů) a prvků automatu (kontrola a případná výměna drátu pro pálení sítí, očištění překládací hlavy sítí, namazání vozíků rozdělovače kroužků). Před opětovným spuštěním automatu je ještě nutné vytlačit ze vstřikovací jednotky degradovaný plast, který je tak nahrazen novým granulátem. V plastikářském průmyslu se jedná se o zcela standardní operaci, protože i během krátké odstávky dochází k degradaci plastu vlivem vysokých teplot ve vstřikovací jednotce.

6. Výpočty a dimenzování vybraných pohonů

6.1. Kontrola zatížení miniaturního aktuátoru RCD-RA1D

Všechny momenty způsobené pohybem nebo nesymetrií skeletu s pálicími dráty jsou zachyceny dvojicí lineárních vedení s pouzdry LME-05. Aktuátor je tak zatížen pouze vlastní hmotností skeletu (zrychlení a rychlosti posuvu pálicího drátu jsou velmi malé, tudíž zanedbatelné).

#	Značení	Hodnota	Jednotky
Hmotnost skeletu pálení	m	409,6	g
Nominální tlačná síla pohonu	-	4,2	N
Maximální tlačná síla pohonu	-	6,0	N

Tab. 6.1 - parametry zatížení posuvu skeletu pálení

$$F_{SKEL} = m \cdot g \quad [N; kg, m/s^2] \quad (1)$$

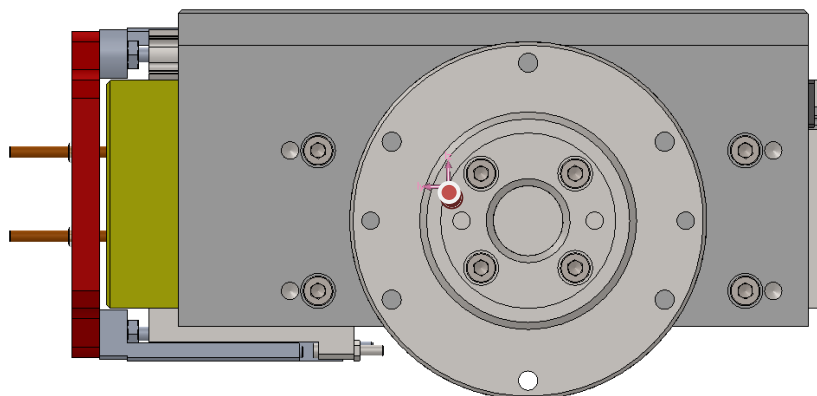
$$F_{SKEL} = 0,4096 \cdot 9,81$$

$$F_{SKEL} = 4,02 \quad [N]$$

U použitého aktuátoru není překročena nominální tlačná síla a vzhledem k pracovnímu cyklu (cca 4 vteřiny chodu, 11 vteřin nečinnosti) pohon vyhovuje.

6.2. Kontrola zatížení rotačních jednotek DES140

Potřebný moment jednotek pro otočení překládací hlavy do horizontální polohy.



Obr. 6.1 - poloha těžiště překládacího zařízení

#	Značení	Hodnota	Jednotky
Hmotnost zařízení	m	11,45	kg
Vzdálenost těžiště od osy rotace ve směru x	L _x	23,2	mm
Vzdálenost těžiště od osy rotace ve směru y	L _y	9,8	mm
Moment setrvačnosti k ose rotace	J	0,053	Kg.m ²
Maximální zrychlení jednotky	ε	5	rad/s ⁻²
Koeficient bezpečnosti	k	1,5	-
Nominální točivý moment jednotek	-	9	Nm

Tab. 6.2 - parametry zatížení rotační jednotky

$$M_{ROTACE} = (M_g + M_J) \cdot k \text{ [Nm; Nm, Nm, -]} \quad (2)$$

$$M_g = m \cdot g \cdot \sqrt{L_x + L_y} \text{ [Nm; kg, m/s}^2, \text{ m, m]} \quad (3)$$

$$M_g = 11,45 \cdot 9,81 \cdot \sqrt{23,2 + 9,8}$$

$$M_g = 2,805 \text{ [Nm]}$$

$$M_J = J \cdot \varepsilon \text{ [Nm; kg} \cdot \text{m}^2, \text{ rad/s}^{-2}] \quad (4)$$

$$M_J = 0,053 \cdot 5 \text{ [Nm; kg} \cdot \text{m}^2, \text{ rad/s}^{-2}]$$

$$M_J = 0,265 \text{ [Nm]}$$

$$M_{ROTACE} = (2,805 + 0,265) \cdot 1,5$$

$$M_{ROTACE} = 4,61 \text{ [Nm]}$$

Load Inertia	J _L =	5.305e-2 [kg·m ²]
Required Speed	V ₁ =	21.23 [r/min]
	V ₂ =	0.000 [r/min]
Required Torque	T =	4.608 [N·m]
RMS Torque	T _{rms} =	4.217 [N·m]
Acceleration Torque	T _a =	2.671e-1 [N·m]
Load Torque	T _l =	2.805 [N·m]
Required Stopping Accuracy	θ =	1.000e-1 [deg]

Obr. 6.2 - kontrolní výpočet pomocí kalkulátoru pohonů [27]

Vzhledem k přítomnosti hned dvojice rotačních jednotek s dostatečným točivým momentem (celkem 18 Nm) je zajištěn bezproblémový provoz naklápění hlavy překládacího zařízení. K výsledku taktéž napomohlo vyvažování způsobené těžšími základnami lineárních jednotek.

6.3. Kontrola zatížení translačních jednotek LSX25-100

Statický moment působící na jezdec translační jednotky během pálení sítí (plné vyložení).

#	Značení	Hodnota	Jednotky
Hmotnost překládací hlavy	m	2,6	kg
Max. síla vyvinutá při zasouvání jezdce	-	220	N
Max. vyložení jezdce jednotky	l	100	mm
Max. dovolený ohybový moment (x/y/z)	-	50/50/50	Nm
Doporučená hmotnost břemene	-	15	kg

Tab. 6.3 - parametry zatížení translační jednotky

$$M_{O_{HYB}} = m \cdot g \cdot l \quad [Nm; kg, m/s^2, m] \quad (5)$$

$$M_{O_{HYB}} = 2,6 \cdot 9,81 \cdot 0,1 \quad [N; kg, m/s^2, m]$$

$$M_{O_{HYB}} = 2,55 \quad [Nm]$$

Dle předpokladu jsou ohybové momenty působící na jezdec lineární jednotky mnohem menší než je doporučení výrobce. Doporučená hmotnost břemene je několikanásobně vyšší a přívody tlakového vzduchu tak bude nutné znatelně regulovat. Toto předdimenzování je však účelné pro zachování tuhosti a přesnosti celého překládacího zařízení i po delší době provozu.

6.4. Dimenzování podružných pohonů v praxi

Volba pohonů pro nekritické operace a pohyby probíhá v oboru (návrh jednoúčelových strojů) většinou intuitivním vytipováním vhodných, osvědčených jednotek a pohonů od zaběhnutých (či smluvních) dodavatelů, kde je pouze dle produktové dokumentace orientačně zkontrolováno vyvíjené a maximální přípustné zatížení s cca 20~30 % rezervou.

Dalším osvědčeným řešením je přenechání návrhu dílčích pohonných jednotek na dodavateli nebo výrobcí, kterým je pouze dodán hrubý návrh připojených zařízení. Tím je ušetřen drahocenný čas při návrhu, je garantováno optimální dimenzování a nakonec dodavatel zajistí i přizpůsobenou produktovou dokumentaci a 3D modely. Tyto služby jsou v rámci dlouhodobých spoluprací s dodavateli poskytovány zdarma, respektive nenápadně rozpuštěny v ceně dodaného zařízení.

Příkladem může manipulátor pro odběr filtrů od firmy Festo. Připojené rameno i tělo efektoru jsou vyrobeny z lehkých hliníkových slitin, byly známy rozsahy pohybu, použité grippery i přibližná hmotnost této sestavy. Na základě těchto údajů byla dodána kompletní nabídka manipulátoru včetně 3D modelu.

Na základě zkušeností z praxe zde již nejsou uvedeny další výpočty pohonů. Zbylé elektrické pohony pracují pod malou zátěží a se zanedbatelným zrychlením, přičemž při jejich výběru byly vždy respektovány specifikace výrobce a charakter aplikace. Taktéž pneumatické pohony jsou vždy voleny minimálně o jednu řadu vyšší, protože v drtivé většině aplikací je nutné během odladování cyklu regulovat rychlost a sílu pístů pomocí škrtících ventilů na odpadové větvi. Samozřejmě je ale nutno brát ohled na konečný potřebný objem tlakového vzduchu ze zdroje.

7. Cenová kalkulace

V tabulce níže jsou uvedeny náklady na pořízení jednotlivých celků automatu. Ceny jsou bez DPH a zaokrouhleny nahoru na celé tisíce.

ODEBÍRÁNÍ FILTRŮ	
Komponenty Festo	280 000 Kč
Komponenty Sommer automatic	107 000 Kč
Vyráběné díly	56 000 Kč
Ostatní	18 000 Kč
ODEBÍRÁNÍ ODPADU	
Komponenty Festo	86 000 Kč
Komponenty Sommer automatic	17 000 Kč
Vyráběné díly	49 000 Kč
Vodící pouzdra	24 000 Kč
Ostatní	9 000 Kč
ROZDĚLOVÁNÍ KROUŽKŮ	
KVZ	105 000 Kč
Komponenty Festo	24 000 Kč
Vyráběné díly	85 000 Kč
Ostatní	6 000 Kč
NASAZOVÁNÍ SÍTÍ	
Komponenty Festo	14 000 Kč
Komponenty Sommer automatic	106 000 Kč
Komponenty Schunk	42 000 Kč
Komponenty IAI	68 000 Kč
Vyráběné díly	112 000 Kč
Ostatní	15 000 Kč
PŘÍSTAVBA	
AL systém	52 000 Kč
plechy, výplně oken	13 000 Kč
Zásobníky	10 000 Kč
Vyráběné díly	44 000 Kč
Kamerová kontrola	27 000 Kč
Ostatní	19 000 Kč
OSTATNÍ	
Repasovaný vstřikovací lis	690 000 Kč
Modifikace starších forem	190 000 Kč
Ventilové jednotky	78 000 Kč
Řídící systémy, drivery, programování	420 000 Kč
Rezerva	200 000 Kč
Celkem	2 966 000 Kč

Tab. 7.1 - cenová kalkulace

Celková cena automatu bez započtení práce konstruktéra, montážních dělníků a specialistů (elektrikáři, programátoři, atd.) je cca €108,000, přičemž plánovaný rozpočet pro tuto variantu řešení byl €114,000.

8. Závěr

Z důvodu zvyšující se poptávky po stále dokonalejších a levnějších miniaturních filtrech, užívaných v různých systémech automobilů, roste také zájem o stroje, jež jsou schopny tyto díly rychle a efektivně produkovat.

Tato diplomová práce se nejprve zabývala analýzou současného způsobu výroby miniaturních filtrů, rozsahem automatizace v oboru, problematikou výroby plastových dílů a definováním jednoúčelového automatu. Na základě zjišťování potřeb zákazníků a zkušeností s návrhem podobných, byť jen poloautomatických pracovišť, byl sestaven požadavkový list.

Následně byly vytvořeny dvě rozdílné varianty řešení ve stejném stupni zpracování, přičemž na základě hodnotové analýzy bylo dle zvolených kritérií vybráno neoptimálnější řešení. To bylo dále zpracováno až do finální podoby v pracovním prostředí programu SolidWorks 2014.

Základ stroje tvoří repasovaný vertikální vstřikovací lis, který je doplněn o prvky pro kontrolu, třídění a odběr vyrobených dílů, stejně jako systémy pro osazení forem dílčími částmi filtru - filtrační sítí a nerezovým kroužkem, který je potřebný pro správnou montáž filtru do vstřikovacího ventilu. Automat je také doplněn o nutné podpůrné prvky, jako je temperační jednotka nebo sušička granulátu, jejichž výběr ale je závislý na vybavení provozu.

Jednotlivé prvky automatu byly důkladně popsány, ilustrovány a byl vysvětlen jejich účel v pracovním cyklu, který je trvá přibližně 15 vteřin. Ve spojení s osminásobnou formou je tak teoretický objem výroby 1920ks/h. Obsluha stroje je povinná v předepsaných intervalech provést základní údržbu, doplnit nerezové kroužky do kruhového vibračního zásobníku, nasadit nové cívky se sítí, přesypat shodné díly do přepravek určených ke kontrole, zatímco neshodné díly a odpadní vtokovou soustavu zajistit k ekologické likvidaci.

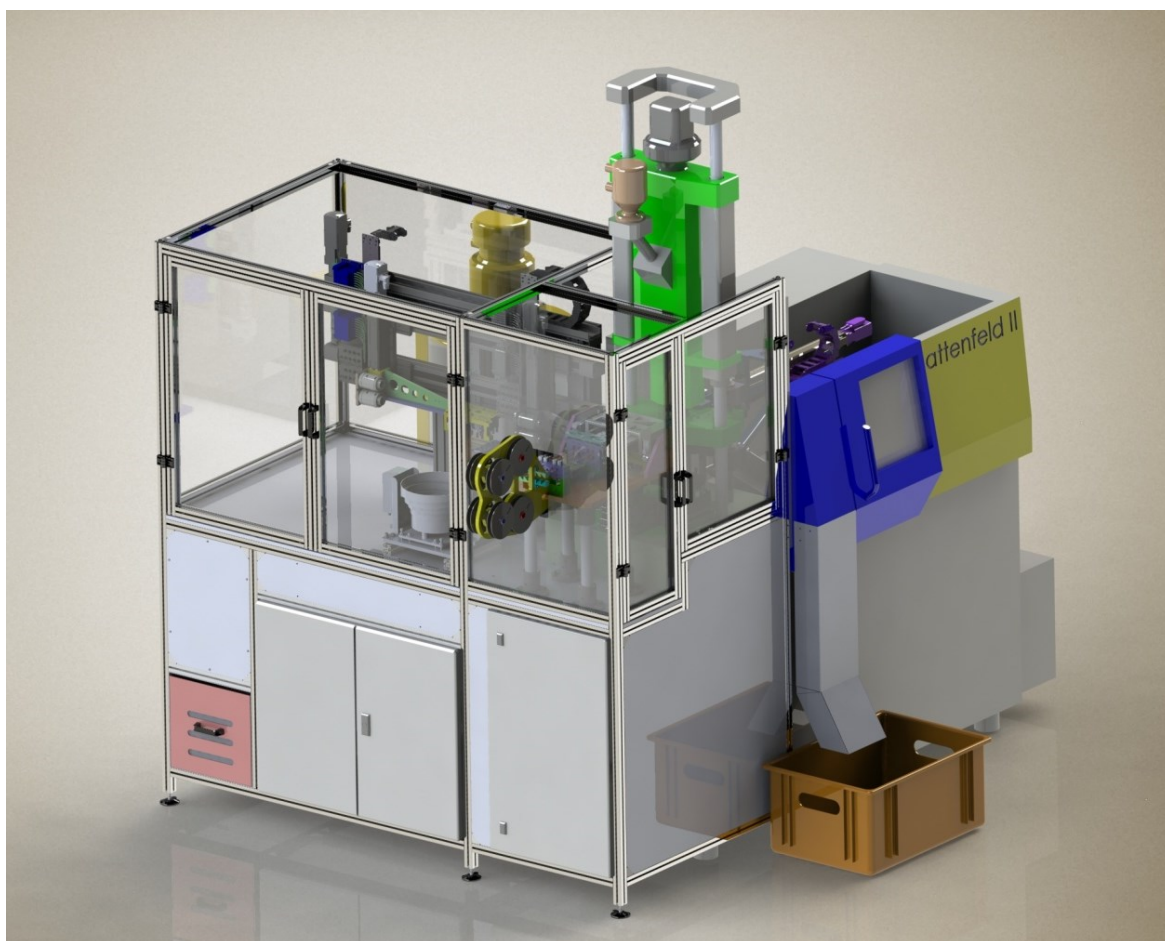
V závěru práce byla provedena kontrola vybraných pohonů a cenové zhodnocení projektu. Protože je navržený jednoúčelový automat nezávislou výrobní jednotkou, která garantuje alespoň 2 hodiny chodu bez nutnosti doplňování vstupních materiálů (kromě granulátu), lze výrobou dalších strojů lineárně navyšovat objem produkce.

Řídící systém automatu je založen na modulárních jednotkách Simatic S7-300, které ve spojení s drivery použitých elektrických pohonů, ventilovými terminály Festo a senzory Balluff zajišťuje stabilní a bezproblémový chod stroje. Návrh a dimenzování

pneumatických ventilů, jednotek pro úpravu vzduchu i převodníků signálů ze senzorů je v praxi prováděno přímo firmou Festo. Využíváním služeb dlouhodobých dodavatelů výrazně snižuje čas potřebný k návrhu a následné realizaci projektů.

Všechny vyrobené filtry, které byly automaticky označeny jako shodné, nakonec putují na tzv. 100% kontrolu, kde je každý filtr ručně zkontrolován po mikroskopem, přičemž jsou vyřazeny všechny díly, které nesplňují přísné specifikace zákazníka (nedolitá síť, přestřiky, spáleniny, otřepy sítě, nečistoty v síti, atd.). Tím jsou splněny požadavky koncových odběratelů, tedy automobilek, které si kvalitu a životnost jednotlivých dílů důsledně kontrolují.

Práce je v přílohách doplněna sestavným výkresem celého automatu, výkresy vybraných podsestav a vybranými katalogovými listy k použitým pohonům IAI, Sommer automatic a Schunk (katalogy firmy Festo jsou se svým rozsahem nevhodné jako přílohy). Na přiloženém CD se poté nachází finální 3D model jednoúčelového automatu, ovšem se znehodnoceným modelem formy, která nebyla cílem této práce.



Obr. 8.1 - konečná podoba automatu

9. Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- [2] ČSN ISO 690 *Bibliografické citace*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1996. 32 s.
- [3] KONEČNÝ, Zdeněk. *Základy technické dokumentace*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004. 86 s. ISBN 80-248-0514-6.
- [4] LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 4. vydání. Praha: Albra, 2008. 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [5] SKAŘUPA, Jiří. *Kreativita a inovační myšlení v konstruování*. 1. vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. 230 s. ISBN 978-80-248-1717-0.
- [6] BURKOVIC, Jan. *Navrhování RTP*. 1. vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2002. 112 s. ISBN 80-248-0217-1.

Internetové zdroje

- [7] ALCO – jednoúčelový stroj. *JHV – Jednoúčelové stroje, konstrukční kancelář* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: <http://www.jhv.cz/content/data/alcocelk.jpg>.
- [8] Automation. *Encrypted-tbn1.gstatic.com* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSwf_r3T5cCq4DIamwtF3vJdpT1lyeHHVvdzN2NLIiLPZkVP2ikB.
- [9] BABYPLAST. *Cecho – Bohumil Cempírek s.r.o.* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: <http://www.cecho.cz/cs/babyplast-uai-i10p-pridavna-jednotka>.
- [10] Cadillac Escalade. *Truck Trend Network* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: <http://www.sporttruck.com/news/2007-cadillac-escalade/c1.jpg>.
- [11] DES140. Flat Swivel Units. *Zimmer Group* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: <http://www.zimmer-group.de/en/ajax/productdetail?id=551458&productId=1263>.

- [12] E-multi. *Mold-Masters – Global Hot Runner Technology* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z:
<http://www.moldmasters.com/index.php?s=products&o=product&id=16>.
- [13] HG/HGL Series Super Heavy Load. *HIWIN Corporation. HIWIN Mikrosystems* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z:
<http://www.hiwin.com/html/lg/hg.html>.
- [14] Jednouúčelový stroj Continental. *JHV – Jednouúčelové stroje, konstrukční kancelář* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z:
<http://www.jhv.cz/content/data/jednoucelovy-stroj-continental.jpg>.
- [15] Katalog. *ALUTEC K & K, a.s.* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z:
<http://www.aluteckk.cz/katalog/>.
- [16] Kompaktní rozváděčové skříně AE. *Rittal Czech, s.r.o.* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: <http://www.rittal.com/cz-es/product/list/variations.action?categoryPath=/PG0001/PG0002SCHRANK1/PG0021SCHRANK1/PRO0023SCHRANK1&productID=PRO0023>.
- [17] Kompaktní válce ADNGF, připojovací obrazec dle norem. *Festo – Pneumatic & Electronic Automation Worldwide* [online]. 2008 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z:
https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_CS/PDF/CZ/ADNGF_CZ.PDF.
- [18] Kompaktní válce ADVU/AEVU. *Festo – Pneumatic & Electronic Automation Worldwide* [online]. 2006 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z:
https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_CS/PDF/CZ/ADVU_CZ.PDF.
- [19] Lenses and optical components for machine vision. *SVS VISTEK* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: <http://www.svs-vistek.com/en/imaging-components/svs-machine-vision.php?t=lenses>.
- [20] Letné pohony EGSA, s vřetenem. *Festo – Pneumatic & Electronic Automation Worldwide* [online]. 2008 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z:
http://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_CS/PDF/CZ/EGSA_CZ.PDF.
- [21] Lineární ložiska drylin® R – TJUM-03. *igus.cz* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: http://www.igus.cz/wpck/2296/drylin_r_tjum_03?C=CZ&L=cs.
- [22] LME – Standard. *Matis s.r.o.* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z:
<http://www.matis.cz/cs/produkt/lme-kulickova-pouzdra-standard>.

- [23] LSX25-100. Linear Rail Slides. *Zimmer Group* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: <http://www.zimmer-group.de/en/ajax/productdetail?id=551677&productId=2936>.
- [24] MGP803NC. 2-Jaw Paraller Grippers. *Zimmer Group* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: <http://www.zimmer-group.de/en/ajax/productdetail?id=550273&productId=3768>.
- [25] Mini Cylinder RCD. *IAI America* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: http://www.intelligentactuator.com/pdf/RCD_CJ0185-1A-UST-1-1211.pdf.
- [26] Montážní přípravky. *Konstrukční kancelář Martin Foff* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: <http://www.konstrukce-foff.cz/galerie/foto/montaz-svetlomet-5.jpg>.
- [27] Motor selection. *Oriental Motor Europa* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: http://www.orientalmotor.eu/Info_center/Service/Motor_selection
- [28] MPG. Pneumatic. 2-Finger Parallel Gripper. Gripper for small components. *SCHUNK GmbH & Co. KG* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: http://www.schunk.com/schunk_files/attachments/MPG_16_EN.pdf.
- [29] Nabídka. *liss.cz* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: <http://www.liss.cz/nabidka.php?podskupina=4&detail=8>.
- [30] Pohony s ozubeným řemenem DGE. *Festo – Pneumatic & Electronic Automation Worldwide* [online]. 2008 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: http://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_CS/PDF/CZ/DGE-ZR_CZ.PDF
- [31] Products. *Wepppler Filter* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: <http://www.wepppler-filter.com/products.html>.
- [32] RCA2-RP4NA Robo Cylinder. *IAI America* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: <http://www.intelligentactuator.com/rca2-rp4na/>.
- [33] Saně Mini DGSL. *Festo – Pneumatic & Electronic Automation Worldwide* [online]. 2013 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: http://www.festo.com/cat/en-gb_gb_gb/data/doc_CS/PDF/CZ/DGSL_CZ.PDF.
- [34] Saně Mini SLT/SLS/SLF. *Festo – Pneumatic & Electronic Automation Worldwide* [online]. 2006 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/en-gb_gb_gb/data/doc_CS/PDF/CZ/MINI-SLIDES_CZ.PDF.

- [35] Schéma vstřikovacího stroje. *Katedra strojírenské technologie, FS, TU v Liberci* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04-vstrikovani%20plastu/06-vstrikovaci%20stroj%20schema.jpg.
- [36] Skoda Superb assembly line. *autoevolution.com* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: http://www.autoevolution.com/images/news/skoda-stops-work-on-fridays-2639_2.jpg
- [37] Sušička granulátu Motan. *Motan* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: http://www.motan.co.uk/images/dynamicImages/vlarge_282_678683.jpg.
- [38] SVCam – EVO digital camera series from SVS-VISTEK. *SVS VISTEK* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: <http://www.svs-vistek.com/en/svcam-cameras/svs-svcam-series.php?s=svcam-evo>.
- [39] Temperační jednotka AEC. *VSP – jednotka pro temperaci a stabilizaci teploty lisovacího nástroje* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: http://www.ivsp.cz/graphics/prislusenstvi/temp_jednotka.jpg.
- [40] Válce dle norem DSNU/DSNUP/DSN/ESNU/ESN, ISO 6432. *Festo – Pneumatic & Electronic Automation Worldwide* [online]. 2013 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_CS/PDF/CZ/DSNU-ISO_CZ.PDF.
- [41] Válce s krátkým zdvihem ADVC/AEVC. *Festo – Pneumatic & Electronic Automation Worldwide* [online]. 2006 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_CS/PDF/CZ/ADVC_CZ.PDF
- [42] Vstřikovací lis Arburg Allrounder 570C. *ARBURG* [online]. 2015 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: https://www.arburg.com/fileadmin/redaktion/Presse/2011/18554-01_570C_GE.jpg.
- [43] Výrobní linka na motory EcoBoost. *Ford Magazin* [online]. 2012 [cit. 14. 5. 2015]. Dostupné z: [http://www.fordmagazin.cz/wp-content/uploads/2012/01/V%C3%BDrobn%C3%AD_linka_na_motory_EcoBoost.j](http://www.fordmagazin.cz/wp-content/uploads/2012/01/V%C3%BDrobn%C3%AD_linka_na_motory_EcoBoost.jpg)
pg

10. Seznam obrázků

Obr. 0.1 - náhled pod karoserii automobilu [10]	11
Obr. 0.2 - příklad miniaturních filtrů [31]	12
Obr. 0.3 - příklad miniaturních filtrů [31]	12
Obr. 1.1 - význam automatizace [8]	13
Obr. 1.2 - částečně automatizovaná linka pro výrobu motorů [43]	14
Obr. 1.3 - plně automatizovaná linka pro svařování karosérií [36]	14
Obr. 1.4 - příklad jednoúčelového automatu [7]	15
Obr. 1.5 - příklad palety jednoúčelového stroje pro kontrolu světlometů [26]	16
Obr. 1.6 - příklad montážního jednoúčelového stroje zařazeného v lince [14]	16
Obr. 1.7 - schéma vstřikovacího stroje [35]	17
Obr. 1.8 - vstřikovací lis Arburg Allrounder 570C [42]	17
Obr. 1.9 - vstřikovací jednotka Babyplast pro více komponentní vstřikování [9]	18
Obr. 1.10 - plně elektrická vstřikovací jednotka E-Multi [12]	18
Obr. 1.11 - příklad filtrů cylindrického a kónického tvaru [31]	19
Obr. 1.12 - příklad filtrů diskového tvaru [31]	19
Obr. 2.1 - rozměry vyráběného filtru	20
Obr. 2.2 - vyráběný filtr v porovnání s mincí	21
Obr. 3.1 - varianta A	23
Obr. 3.2 - varianta A - půdorys	24
Obr. 3.3 - varianta A - skluzy filtrů, příprava kroužků	25
Obr. 3.4 - varianta A - manipulátor pro odběr odpadu	25
Obr. 3.5 - varianta A - pálení a překládání sítí	26
Obr. 3.6 - varianta A - zásobníky shodných dílů	26
Obr. 3.7 - varianta A - Tunel odvodu odpadu	27
Obr. 3.8 - varianta A - forma SV (vlevo) a ST (vpravo)	27
Obr. 3.9 - varianta B	28

Obr. 3.10 - varianta B - půdorys	29
Obr. 3.11 - varianta B - vstřikovací jednotka Babyplast [9]	29
Obr. 3.12 - varianta B - pálení sítí	30
Obr. 3.13 - varianta B - zavírání a vyhazování formy, kamera a pohon karuselu	30
Obr. 3.14 - varianta B - zásobníky dílů	31
Obr. 3.15 - varianta B - vstřikovací jednotka	31
Obr. 3.16 - varianta B - forma ST	32
Obr. 3.17 - varianta B - forma SV	32
Obr. 3.18 - varianta B - vstřikovací jednotka s agregátem [9]	33
Obr. 5.1 - původní stav	36
Obr. 5.2 - rozměry vstřikovacího lisu Battenfeld 230V/050-R	37
Obr. 5.3 - manipulátor pro odběr odpadu	38
Obr. 5.4 - letmý pohon EGSA [20]	38
Obr. 5.5 - pneumatické saně DGSL [33]	39
Obr. 5.6 - efektor odebrání odpadu a gripper MGP803NC [24]	39
Obr. 5.7 - vodící pouzdro TJUM-03 [21]	40
Obr. 5.8 - rám manipulátoru odpadu	40
Obr. 5.9 - skluz odpadu a upevnění manipulátoru	41
Obr. 5.10 - bedna pro odpad	41
Obr. 5.11 - rozdělovač kroužků	42
Obr. 5.12 - rozdělovač kroužků - pozice nabírání kroužků	43
Obr. 5.13 - rozdělovač kroužků - fáze odebrání kroužků	43
Obr. 5.14 - rozdělovač kroužků - pozice pro odebrání kroužků efektozem	44
Obr. 5.15 - KVZ, lineární podavač a rozdělovač kroužků	44
Obr. 5.16 - portálový manipulátor Festo	45
Obr. 5.17 - pohon s ozubeným řemenem DGE-ZR-RF [30]	45
Obr. 5.18 - osazený manipulátor	46

Obr. 5.19 - efektor pro odběr filtrů	46
Obr. 5.20 - efektor pro odběr filtrů	47
Obr. 5.21 - úchop filtru	47
Obr. 5.22 - statická kamera	48
Obr. 5.23 - použitá kamera a objektiv [19][38]	49
Obr. 5.24 - skluzu dílů	49
Obr. 5.25 - zásobníky shodných dílů	50
Obr. 5.26 - šuplík pro neshodné díly	50
Obr. 5.27 - princip pálení sítí do trubic.....	51
Obr. 5.28 - cívky filtračních sítí.....	52
Obr. 5.29 - vedení filtrační sítě	52
Obr. 5.30 - řez prvním domkem pálení sítě	53
Obr. 5.31 - lineární pohon RCA2-RP4N [32].....	53
Obr. 5.32 - řez posuvným domkem pálení sítě	54
Obr. 5.33 - gripper MGP 16 [28]	54
Obr. 5.34 - nasunutí sítě na trny (vlevo) a návrat posuvného domku do výchozí pozice....	55
Obr. 5.35 - vytvoření mezery (vlevo) a odřezání sítě	55
Obr. 5.36 - konstrukce pro odřezání sítě.....	56
Obr. 5.37 - pohon RCD-RA1D zapuštěný v tělese domku.....	56
Obr. 5.38 - zařízení pro překládání sítí na formu.....	57
Obr. 5.39 - specifikace povlaku DLC [29]	57
Obr. 5.40 - řez překládací hlavou	58
Obr. 5.41 - řez rotační jednotkou DES140 [11].....	59
Obr. 5.42 - lineární jednotka LSX [23].....	59
Obr. 5.43 - rotace překládacího zařízení	60
Obr. 5.44 - přiblížení hlavy, dosednutí trnů a přeložení sítí	60
Obr. 5.45 - servisní okna.....	61

Obr. 5.46 - temperační jednotka AEC [39] a sušička granulátu Motan [37]	62
Obr. 5.47 - umístění temperační jednotky a sušičky granulátu	62
Obr. 5.48 - pozice otočného stolu	63
Obr. 5.49 - rozdělení efektoru pro odběr filtrů	64
Obr. 5.50 - odebírání filtrů (vlevo) a nasazování kroužků.....	64
Obr. 5.51 - uvolnění shodných filtrů (vlevo); odběr kroužků a uvolnění zmetků	65
Obr. 6.1 - poloha těžiště překládacího zařízení	66
Obr. 6.2 - kontrolní výpočet pomocí kalkulátoru pohonů [27].....	67
Obr. 8.1 - konečná podoba automatu	72

11. Seznam tabulek

Tab. 2.1 - požadavkový list.....	21
Tab. 4.1 - posuzovaná kritéria	34
Tab. 4.2 - porovnávané páry kritérií	34
Tab. 4.3 - stupnice hodnocení kritérií	34
Tab. 4.4 - parametry kritérií.....	35
Tab. 4.5 - hodnocení kritérií	35
Tab. 4.6 - výpočet vážených indexů kritérií	35
Tab. 6.1 - parametry zatížení posuvu skeletu pálení.....	66
Tab. 6.2 - parametry zatížení rotační jednotky	66
Tab. 6.3 - parametry zatížení translační jednotky.....	67
Tab. 7.1 - cenová kalkulace	69

12. Seznam příloh

Příloha A	Katalogové listy použitých pohonů
	<ul style="list-style-type: none">• IAI• Sommer automatic• Schunk
Příloha B	Výkresová dokumentace
	<ul style="list-style-type: none">• Výkres sestavy VAR-A-2015-W• Výkresy podsestav VAR-A-2015-PS-01 ... 05• Kusovník VAR-A-2015-K
Příloha C	datový nosič - CD
	<i>Obsah CD:</i>
	<ul style="list-style-type: none">• Diplomová práce.pdf• 3D model optimální varianty ve formátu .STP• Výkresová dokumentace.pdf• Datasheets.pdf